



# **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones para mejorar el  
comportamiento estructural y económico del Km.14 Puente  
Capelo-Chanchamayo, 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Br. Jhesber Keedy Gutiérrez López (ORCID: 0000-0002-2649-5668)

**ASESOR:**

Dr. Ing. Omart Demetrio Tello Malpartida (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**Lima – Perú**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres y toda mi familia que día a día me apoyan moral y económicamente para salir adelante y ser un excelente Ingeniero Civil y como un gran ejemplo a seguir para mi hermana.

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios por brindarme la fortaleza para superar todas las dificultades y también agradezco al Ing. Pablo César Corbeta Coicaposa del Instituto Vial Provincial de Chanchamayo por la validez de la investigación y al Ing. Javier Oswaldo Llacua Vila por la cotización de materiales y equipos.

## **PÁGINA DEL JURADO**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD


Yo, **GUTIERREZ LOPEZ, Jhesber Keedy** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

**“Sistemas de estabilidad de taludes Erdox y gaviones para mejorar el comportamiento estructural y económico del km 14 Puente Capelo – Chanchamayo, 2019”**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 08 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor <b>GUTIERREZ LOPEZ, Jhesber Keedy</b>	
DNI: 71209961	Firma 
ORCID: 0000-0002-2649-5668	

## Índice

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
PÁGINA DEL JURADO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
Índice .....	vi
Índice de Tablas .....	viii
Índice de Figuras .....	ix
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MÉTODO .....	34
2.1. Tipo y diseño de la investigación.....	35
2.1.1. Tipo de investigación .....	35
2.1.2. Nivel de investigación.....	35
2.1.3. Diseño de investigación .....	35
2.2. Operacionalización de las Variables.....	36
2.3. Población, muestra y muestreo .....	39
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad .....	40
2.5. Procedimiento .....	42
2.6. Método de análisis de datos .....	43
2.7. Aspectos éticos .....	44
III. RESULTADOS .....	45

IV. DISCUSIÓN.....	96
V. CONCLUSIONES.....	99
VI. RECOMENDACIONES .....	101
REFERENCIAS .....	103
ANEXOS .....	115
Anexo 1 .Localización Deslizamiento Puente Capelo .....	116
Anexo 2. Matriz de Consistencia .....	117
Anexo 3. Rangos, Tipos y Clasificación de Talud .....	118
Anexo 4. Parámetros para Sistema Erdox y Gavión .....	120
Anexo 5. Cuadros de Instrumentos y Validez con N° de Anexos .....	121
Anexo 6. Ficha de Observación Estudios Básicos .....	122
Anexo 7. Ficha de Observación Sistema Erdox .....	123
Anexo 8. Ficha de Observación Sistema Gavión .....	124
Anexo 9. Ficha de Medición Factor de Seguridad Global .....	125
Anexo 10. Ficha de Medición Factor de Seguridad Locales .....	126
Anexo 11. Ficha Medición Costo Global Sistemas .....	127
Anexo 12. Validez de Juicio de Expertos .....	128
Anexo 13. Resumen de Validez .....	129
Anexo 14 .Informe de Resultados de Análisis Granulométrico y Límites de Consistencia ...	130
Anexo 15 Informe de Resultados Ensayo de Corte Directo .....	131
Anexo 16 Certificados de Calibración de la Universidad Nacional Agraria la Molina. ....	133
Anexo 17 .Cotización de Materiales y Equipos por el Gerente de Obras Ing. Javier Llacua	135
Anexo 18 .Planos .....	136
Anexo 19 .Porcentaje de Similitud .....	139

## Índice de Tablas

Tabla 1. Rango de Valores de Factor de Seguridad.....	118
Tabla 2. Tipos de Taludes .....	118
Tabla 3. Taludes- Clasificación .....	119
Tabla 4. STR= Estados Límites estructurales .....	120
Tabla 5. Parámetros para Gavión .....	120
Tabla 6. Cuadro de instrumentos de recolección de datos-anexos.....	121
Tabla 7. Cuadro de Validez-anexos .....	121
Tabla 8. Sistema de Estabilidad de Taludes .....	36
Tabla 9. Comportamiento Estructural.....	37
Tabla 10 .Comportamiento Económico .....	38
Tabla 11. Ensayos de Laboratorio- Anexos .....	41
Tabla 12. Caudales máximos del Río Paucartambo.....	53
Tabla 13. Estabilidad Global .....	90
Tabla 14. Estabilidad Local- Vuelco .....	91
Tabla 15. Estabilidad Local- Deslizamiento .....	92
Tabla 16 Estabilidad Local- Capacidad Portante .....	93
Tabla 17 .Resumen de Resultados Sistema Gavión y Sistema Erdox .....	94
Tabla 18 .Costos de Ejecución .....	95



## Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Esquema estabilidad de talud .....	8
<i>Figura 2.</i> Actuantes en dovelas .....	10
<i>Figura 3.</i> Actuante Lateral .....	11
<i>Figura 4.</i> Actuante Horizontal.....	12
<i>Figura 5.</i> Inclínación de Fuerza .....	13
<i>Figura 6.</i> Falla base en el pie de talud.....	14
<i>Figura 7.</i> Falla por encima del pie de talud.....	15
<i>Figura 8.</i> Deslizamiento en suelos blandos.....	18
<i>Figura 9.</i> Fallas a causa de derrumbe .....	19
<i>Figura 10.</i> Erosión en Talud .....	20
<i>Figura 11.</i> Tipo Colchón .....	21
<i>Figura 12.</i> Gavión Tipo caja .....	22
<i>Figura 13.</i> Elementos que lo conforman .....	23
<i>Figura 14.</i> Funcionamiento Erdox .....	24
<i>Figura 15.</i> Erdox Tierra.....	25
<i>Figura 16.</i> Erdox Junior .....	25
<i>Figura 17.</i> Erdox Nieve.....	26
<i>Figura 18.</i> Erdox C .....	26
<i>Figura 19.</i> Erdox .....	27
<i>Figura 20.</i> Falla Global en Gavión.....	27
<i>Figura 21.</i> Gavión Tipo externo.....	29

<i>Figura 22.</i> Dimensiones de Gavión.....	30
<i>Figura 23.</i> Gráfico de Barras.....	43
<i>Figura 24.</i> Mapa de Ubicación de la Región Junín.....	46
<i>Figura 25.</i> Ubicación de la Provincia Chanchamayo.....	47
<i>Figura 26.</i> Mapa de Ubicación de Puente Capelo.....	47
<i>Figura 27.</i> Levantamiento Planimétrico en el tramo de Puente Reither- Puente Capelo.....	48
<i>Figura 28.</i> Levantamiento altimétrico en el tramo de Puente Reither- Puente Capelo.....	49
<i>Figura 29.</i> Mapa Geomorfológico de Puente Capelo .....	49
<i>Figura 30.</i> Afloramientos de limonitas y calizas .....	50
<i>Figura 31.</i> Afloramientos Geológicos.....	50
<i>Figura 32.</i> Mapa Geológico del tramo estudiado y sectores cercanos .....	51
<i>Figura 33.</i> Cuenca del Río Paucartambo.....	52
<i>Figura 34.</i> Vista de Aguas arriba Rio Paucartambo.....	53
<i>Figura 35.</i> Erosión Fluvial en Puente Capelo .....	54
<i>Figura 36.</i> Aumento de caudal afectó Jardín de niños y Losa deportiva .....	55
<i>Figura 37.</i> Vista en Planta de las calicatas realizadas.....	55
<i>Figura 38.</i> Calicata en el Km14+700 a una Profundidad de 1.50m.....	56
<i>Figura 39.</i> Estratos obtenidos y cuarteos realizados .....	56
<i>Figura 40.</i> Calicata en el Km14+950 a una Profundidad de 1.50m.....	57
<i>Figura 41.</i> Estratos Obtenidos y cuarteos realizados .....	57
<i>Figura 42.</i> Perfil Estratigráfico in situ calicata 01 .....	58
<i>Figura 43.</i> Perfil Estratigráfico in situ calicata 02 .....	58
<i>Figura 44.</i> Perfil Estratigráfico de las dos calicatas .....	59
<i>Figura 45.</i> Bloque inalterado para Ensayo de Corte Directo .....	59
<i>Figura 46.</i> Bloque inalterado de dimensiones 15cmx15cmx15cm .....	60

<i>Figura 47. Colocando en los moldes para Ensayo Corte Directo .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 48. 3 Moldes para realizar la consolidación y el corte directo .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 49. Equipo de Corte Directo de la Universidad Nacional Agraria la Molina.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 50. Talud del km 14+700 .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 51. Talud del km 14+950 .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 52. Límites de talud para análisis por equilibrio Límite.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 53. Importación del Talud al Slide .....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 54. Definiendo Propiedades del material del talud y tipo de resistencia.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 55. Spencer es el método elegido para el Talud a analizar.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 56. Tipo de superficie y método de dibujo de superficies de falla .....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 57. Factor de Seguridad Global para Talud.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 58. Superficie de falla dibujada con dovelas .....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 59. Asignación de propiedades en el Slide para Talud con Gavión .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 60. Factor de Seguridad Global para Talud con Sistema Gavión.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 61. Asignación de propiedades en el Slide para Talud con Erdox .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 62. Superficie de Falla y Factor de Seguridad Global para Erdox .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 63. Caja Gavión .....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 64. Tipo Colchón.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 65. Sistema Gavión implementando Bambú para mitigar erosiones en el pie de talud</i>	<i>70</i>
<i>Figura 66. Sistema Erdox Junior.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 67. Sistema Erdox implementando Bambú para mitigar erosiones en el pie de talud ..</i>	<i>71</i>
<i>Figura 68. Distribución del Empuje Activo en el Gavión .....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 69. Ubicación de la Presión Activa, pesos de gavión y suelo de relleno .....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 70. Empuje aplicado en el Panel del Sistema Erdox .....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 71. Fuerzas Resistentes y Fuerzas de Volcamiento en el Sistema Erdox.....</i>	<i>81</i>

<i>Figura 72. Fuerzas Verticales y Empuje Actuante.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 73. Factores de Seguridad Global para Talud sin sistemas, Gavión y Erdox.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 74. Factores de Seguridad por Vuelco de Gavión y Erdox.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 75. Factores de Seguridad Deslizamiento para Gavión y Erdox .....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 76. Capacidad Portante para Gavión y Erdox.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 77. Incremento y Reducción en % del Erdox con respecto al Gavión .....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 78. Comparación de Costos de Ejecución para Gavión y Erdox .....</i>	<i>95</i>

## RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora el comportamiento estructural y económico del Km.14 Puente Capelo – Chanchamayo y como objetivos específicos la estabilidad global, local y costos de ejecución de ambos sistemas. El tipo de investigación fue aplicado debido a que se trabaja con hechos reales y una población de estudio seleccionada. Para ello, se realizaron fichas de medición y fichas de observación para la variable independiente Sistemas de Estabilidad de Taludes, la variable dependiente Comportamiento Estructural y la segunda variable dependiente Comportamiento Económico. Esta investigación es de enfoque cuantitativo, nivel explicativo, diseño experimental y alcance temporal transversal. La población de estudio se ubica en las zonas con inestabilidades de taludes del tramo Puente Reither – Villa Rica sector Puente Capelo con 3 tramos inestables y la muestra se eligió el tramo crítico más representativo del Km.14 al Km.15. Por lo cual la validez de las fichas de observación y fichas de medición se dio por un juicio de expertos el cual nos dio como resultado 87 de calificación en un rango de excelente. Asimismo, la confiabilidad se respaldó con los certificados de calibración de la Universidad Nacional Agraria la Molina para los ensayos. Como resultado general entre el Sistema Erdox con respecto al Sistema Gavión se obtuvo un incremento en comportamiento estructural de 49.75% y reducción en capacidad portante de 32.84%. Además, en el comportamiento económico se economiza 8.63 % que representa S/ 5533.51 ejecutando con Erdox. Se determinó que utilizando el Sistema Erdox se incrementa el factor global, factores locales y reducción en costos de ejecución comparado al Sistema Gavión. Es por ello que en todo Proyecto se busca un Sistema que sea menos costoso y mayores factores de seguridad que cumplan por encima de los límites críticos.

**Palabras clave:** Sistema Erdox, Gavión, Estabilidad de Taludes

## **ABSTRACT**

The research work aimed to determine which of the stability systems of Erdox and Gabion slopes improves the structural and economic behavior of Km.14 Capelo Bridge- Chanchamayo and as specific objectives the global stability, local stability and execution costs of both systems. The type of research was applied because it works with real events and a selected study population. To do this, measurement sheets and observation sheets were made for the independent slope stability systems, the dependent variable structural behavior and the second dependent variable economic behavior. This research is of quantitative approach, explanatory level, experimental design and transverse temporal scope. The study population was the areas with slope instabilities of the Puente Reither – Villa Rica section of the Capelo Bridge section with 3 unstable sections and the sample was the most representative critical section from Km.14 to Km.15. Therefore, the validity of the observation and measurement sheets was given by an expert judgment which resulted in 87 qualification in an excellent range. Likewise, the reliability was supported by the calibration certificates of the University National Agrarian the Molina for tests. As a General result among the Erdox System with respect to the Gabion system, an increase in structural behavior of 49.75% and reduction in bearing capacity of 32.84% was obtained. In addition, 8.63 % is economized in economic behavior, which represents S/ 5533.51 executing with Erdox. It was determined that using the Erdox system increases the global factor, local factors and reduction in execution costs compared to the Gabion system. That is why in every a system is sought that is less expensive and greater safety factors that meet above the critical limits.

**Keywords:** Erdox System, Gabion, Stability of Slope

## **I. INTRODUCCIÓN**

En el mundo las carreteras son muy importantes para la accesibilidad y transitabilidad a diferentes localidades, por lo general la mayoría están acompañadas de taludes con pendientes pronunciadas, inestables o un ambiente agresivo, que con el paso del tiempo poco a poco se va erosionando causando deslizamientos bloqueando la carretera o afectando viviendas que se encuentran cercas. Según el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) menciona que, en los Estados Unidos, los deslizamientos de tierra causan entre 25 y 50 muertes entre las cuales las corrientes rápidas de flujo de detritos han provocado traumatismo, cables eléctricos que han causado lesiones y carreteras cortadas que han puesto en peligro a los transportistas.

En los últimos años se han presentado deslizamientos de taludes en la zona selva y sierra del Perú, especialmente en los meses de invierno, dado que; algunas localidades se encuentran cerca de taludes inestables y han sufrido pérdidas tanto humanas como estructurales. Por consiguiente, no se tiene en cuenta los peligros naturales que podría afectar en el futuro a sus viviendas. Según la Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada (CRYRZA) el 31 de mayo de 1970 se generó una gran avalancha debido a un alud que se desprendió del Nevado de Huascarán y sepultó al pueblo de Yungay para lo cual se estima una muerte cerca de 50000 personas.

Se escogió para realizar la comparación estos dos sistemas porque el tipo gavión es más utilizado en dichas zonas por su flexibilidad, y el Erdox porque es un sistema nuevo que tiene muchos beneficios tanto en comportamiento estructural como económico ya ha sido utilizado en la carretera Interoceánica, Cusco y en la Molina- Lima obteniendo excelentes resultados.

Existen muchas soluciones para estabilidad de taludes entre las cuales están, muro de contención, suelos clavados, geotextiles-, gaviones, sistema Erdox, etc. Para hacer la comparación entre dos sistemas de estabilidad de taludes se escogió el Gavión y el Erdox.

El gavión es un sistema muy flexible y de fácil armado por lo cual en el Perú es muy utilizado en cambio el Erdox es un sistema novedoso con un mejor comportamiento estructural y menor costo que las otras soluciones geotécnicas. Por lo cual su aplicación ya ha sido utilizada en la carretera Interoceánica, la Molina y Cusco con excelentes resultados.



Entre los factores que provocan deslizamientos en el sector Puente Capelo es a causa de suelos erosivos y de carácter tectónico Degradacional con presencia de flujo de detritos en los márgenes izquierdos a los taludes de la plataforma según el informe técnico realizado por Ingemmet (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico). Es por ello que con los resultados que se obtendrán se busca brindar estabilidad con la mejor solución geotécnica entre el sistema Erdox y Gavión.

En base a este contexto es necesario evaluar el comportamiento estructural y económico del sistema de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones en el km. 14 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019.

URTEAGA, César. “*Estabilización de Talud con Sistema Erdox en Taludes de Carreteras*”. Tesis (Ingeniería Civil). Lima – Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. El objetivo de esta tesis fue dar a conocer el novedoso sistema de estabilización de taludes con la finalidad utilizar con mayor frecuencia y también comparar los rendimientos y costos. La metodología de esta tesis se basa en comparar los procesos constructivos lo cual incluye los rendimientos y los costos presentando en tablas. Se ha comparado el resultado en rendimientos y costos del sistema Erdox con el sistema terramesh, muros de concreto, auto perforantes. En conclusión, este sistema tiene un muy bajo impacto ambiental debido a que se puede realizar la revegetación, además los costos son menores comparando con otros sistemas y que no se necesita transportar material de buena calidad para el relleno sino el propio material excavado. Es muy importante debido a que detalla sobre el sistema Erdox, el anclaje del panel, la doble placa y los costos en ejecución comparando con otros sistemas de estabilización de taludes.

LUJÁN, José. “*Uso de Gaviones para mejorar la defensa ribereña del río Huaycoloro, zona de Huachipa distrito de Lurigancho, Lima 2017*”. Tesis (Ingeniería Civil). Lima – Perú. Universidad Cesar Vallejo, 2017. El objetivo de esta tesis fue determinar cómo el uso de gaviones mejora la resistencia a la erosión en el río Huaycoloro. La metodología consistió en realizar el nivel medio mensual del caudal para poder hacer el diseño del gavión y para poder obtener la precipitación de diseño se utilizó el método racional, distribución de Gumbell y Log Pearson . En los resultados se realizó un análisis estadístico por cada dimensión y el cálculo de caudales con los datos obtenidos de Senamhi. En conclusión, en el río Huaycoloro si se debe implementar el muro de gaviones para mejorar la protección ribereña para evitar el peligro de

que ocurra desbordamientos. Aporta esta tesis ya que se enfoca en general desde parte del diseño, en los costos y en la estabilidad global y local sobre los factores de seguridad.

VALIENTE, Ricardo, SOBRECASES, Salvador y DÍAZ, Aníbal. “*Estabilidad de taludes: Conceptos Básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo*”. Revistas PUCP Civilizate (7): 50-54, 2015. El objetivo de esta revista es detallar los estudios de estabilidad de talud, el tipo de inestabilidad y las principales metodologías de cálculo. La metodología empleada consiste en utilizar el programa Geoslope para poder realizar cálculos con métodos de equilibrio límite y cálculos de modelos numéricos. Los resultados son elaborados en tablas con los coeficientes seguros una vez realizado el modelamiento en el programa Geoslope. En conclusión, para los cálculos de estabilidad de taludes se puede emplear los modelos de equilibrio límite o modelos numéricos que permitan estudiar las tensiones de los elementos y sus deformaciones. Aporta a nuestra investigación porque nos detalla los factores de seguridad, las inestabilidades y metodología de cálculo para taludes estables o inestables.

GARCÍA, Joseph. “*Estabilización de Taludes de la Carretera Pe-3N km.263+100*”. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Huánuco- Perú. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2017. El objetivo de la presente tesis es diseñar un sistema de estabilización de taludes adecuado, también es determinar las propiedades geotécnicas, características geológicas, sísmicas y determinar los factores de los taludes en la zona. La metodología empleada fue la realización de calicatas, levantamiento topográfico y verificación de factores de seguridad con el programa Geoslope. Los Resultados se obtuvieron mediante el modelamiento en el programa Geoslope lo cual se detalla en imágenes y con sus respectivos factores de seguridad y tipo de análisis realizado. En conclusión, involucrar todos los estudios como geotecnia, topografía, geología el análisis se obtendrá más ajustado a la realidad. Esta tesis aporte a la investigación en conceptos que se necesitan con respecto a los factores de seguridad contra fallas en talud, los estudios generales que se realizan en un proyecto de estabilización de taludes inestables.

GARCÍA, Jhonathan. “*La Estabilidad de Taludes y la transitabilidad en la carretera longitudinal de la Sierra, Provincia de Chota- Cajamarca, 2017*”. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad César Vallejo, 2017. El objetivo principal de la tesis fue estabilizar el talud con muros de gavión y dar transitabilidad a la carretera longitudinal de

la Sierra, Provincia de Chota. La presente tesis consistió en realizar levantamiento topográfico, calicatas, ensayos de campo y verificación de estabilidad en el programa Slope. Los resultados se presentaron con un modelamiento del talud, verificación de los factores de seguridad y el presupuesto requerido para realizar el gavión en dicha zona. En conclusión, un muro de gavión es la solución más factible en la zona y con ello generar seguridad para el que transita además comprobada que el estudio. Esta tesis aporta a nuestra investigación porque nos detalla paso a paso los procesos necesarios que se utilizan en el diseño de los gaviones por lo cual es uno de los sistemas que comparará con el sistema Erdox de acuerdo a la tipología del terreno y elegir cual es el más adecuado.

R. Gallardo, T.E. Guerrero y A. Macgregor. *“Investigación Geotécnica para la estabilización en las laderas del barrio San Fermín, departamento de norte de Santander (Colombia)”*, INGE CUC, vol. 9, (2):66-74, 2013. El objetivo del presente artículo de investigación científica poder estabilizar para lo cual se utilizaron tres premisas fundamentales de la geotecnia. Muestra una metodología de cálculos geotécnicos y un perfil de la sección crítica. En los resultados se elaboró una matriz de correlación entre los factores influyente en estabilidad y en el proceso constructivo. En conclusión, en la ladera predominan suelos arenosos- arcillosos y se encontró que la población desconoce de los niveles de riesgo al que está expuesta. Este artículo es muy importante para nuestra investigación porque hace una evaluación a los factores influyentes en la estabilidad y encontradas en las dimensiones de las variables propuestas.

ORTIZ, Mora y GÓNZALES, Rojas. *“Efecto de la Saturación en el deslizamiento de talud en la comunidad San Juan de Grijalva, Chiapas, México”*. Ingeniería de Investigación y Tecnología. Vol.13, (1): 55-68, 2016. El objetivo de la revista fue analizar la estabilidad del talud de la comunidad San Juan en Chiapas para lo cual se consideró la variación de la cohesión. En el sitio se obtuvo dos muestras alteradas del suelo que conformaba el cuerpo del talud y determinando todos los parámetros en el laboratorio de la Universidad Autónoma de Querétaro. Los resultados que se obtuvieron mediante el programa PlaxFlow y el Geo para poder representar con un modelamiento y los factores de seguridad para su estabilidad. En conclusión, el humedecer el suelo produjo del deslizamiento de tierra y mediante las pruebas de laboratorio se obtuvieron la relación entre la saturación y el factor de seguridad que se está analizando. Este

artículo aporta a la investigación en la secuencia de análisis, parámetros resistentes y factores de seguridad que se emplearán para verificar la estabilidad del talud de estudio.

J, Corominas. *“El Clima y sus consecuencias sobre la actividad de los movimientos de ladera en España”*. Revista C&G. 20 (3-4): 89-113, 2016. El objetivo de la presente revista es explicar la distribución geográfica de las roturas por deslizamiento en las zonas costeras expuestas a erosión marina. La metodología empleada es en estudio de socavación en los glaciares de Cerler y un estudio del clima para elaborar el diagrama de precipitación día. Los resultados se especificaron con fotos de zonas inestables y estudios del clima en la zona que se encuentra inestable. En conclusión, las consecuencias del cambio climático en la estabilidad de las laderas son el aumento de la precipitación, el ascenso del nivel del mar e incremento de temperaturas en el desplazamiento altitudinal. Esta revista es importante para la investigación porque especifica las fallas que implican en los taludes inestables como deslizamientos rotacionales y estabilidades globales y locales que influyen en ello.

GALLARDO, Romel. *“Estabilidad de Taludes en Corredores Viales. Universidad Francisco de Paula Santander- Colombia”*. Revistas Ingenio UFPSO, (1): 12-18, 2015. El objetivo de la presente revista es detallar los aspectos geológicos que están presentes en la estabilidad de los taludes y las medidas correctivas que deben aplicarse para solucionar problemas al deslizamiento. La metodología empleada consistió en realizar un mapa de localización y un mapeo geológico de la loma de Padilla. En la parte de resultados se empleó imágenes y la estratificación que se realizó y los métodos correctivos más eficientes que deben ser aplicados. En conclusión, la disminución de los riesgos asociados a los problemas de taludes en las carreteras debe contemplar medidas de estabilización cuando se trata de desprendimiento rápido de masas de suelo con ello lo que se busca es que no se vea comprometida la transitabilidad y funcionalidad de la vía bajo condiciones de seguridad. Esta revista aporta a nuestra investigación ya que explica los aspectos geológicos influyentes en la estabilidad de los taludes y poder comprobar estos factores.

CAMACHO, Sebastián y RAMOS, Alfonso. *“Indicador Potencial de falla para taludes condicionados por las geoformas”*. Revistas UN, Bol. Cienc. Tierra, (40): 39-45, 2016. El objetivo de la revista es realizar el analizar los taludes variando sus propiedades de geoforma

mediante simulaciones numéricas y métodos de estabilidad de taludes. El enfoque utilizado es comparar cálculos mediante indicadores potenciales de falla la estabilidad de los taludes. Los resultados concluyen que las geoformas cóncavas y la combinación tanto en planta y perfil de los tres modelos realizados presentan mayores zonas inestables. En conclusión, Las geoformas cóncavas en planta y perfil son aproximadamente 1.5 veces más susceptibles que las geoformas rectas y convexas y La geoforma convexa determinada con potenciales de falla en el pie del talud y en zonas de curvatura debido a los esfuerzos cortantes. La revista aporta a nuestra investigación en lo que respeta a un parámetro muy importante que es la geoforma y estudios geomorfológicos y cálculo para el indicador de potencial de falla que es necesario reconocer en nuestra zona de estudio.

Oliva, Aldo [et al]. *“Landslide risk assessment in slopes and hillsides Methodology and application in a real case”*. Revista Dina, 86(208): 143-152, 2019. El objetivo de la revista es verificar el factor de seguridad en los diferentes taludes con ciertos mecanismos de estabilidad y análisis. El enfoque de esta revista se basó en realizar un mapeo geológico-geotécnico de las zonas de taludes inestables. Los resultados obtenidos se especifican para cada talud analizado su factor de seguridad y los estudios que se realizado en el terreno. En conclusión, se llega a presentar el riesgo del deslizamiento de talud y se aplica una metodología de evaluación. Esta revista es importante para la investigación ya que aporta en otros criterios y descripciones de los taludes que se evalúan y que parámetros implican su falla en estabilidad global y local.

W, Fernández, S, Villalobos y R, King. *“Probabilistic analysis of slope stability in completely decomposed granite residual soils”*. Revista Ingeniería de Construcción [en línea]. Vol.33, (1): 5-14, 2018. El objetivo de la revista verificar la propiedad analizada de estabilidad de taludes con diferentes límites y casos empleados lo cual se va a graficar es con respecto a la geometría del talud. La metodología consistió en realizar un histograma de probabilidad con respecto a la cohesión y la fricción de los taludes para obtener la geometría con factor de seguridad estable. Los resultados obtenidos fueron representados en una tabla donde especifica el ángulo del talud y la altura que varían los taludes para poder determinar si es estable o inestable. Esta revista aporte a la investigación ya que es una de los parámetros que se menciona que es la variación geométrica que se le realiza al talud dependiendo del tipo de suelo que cumpla con la estabilidad y factor de seguridad deseada.

## Estabilidad

“Se define por estabilidad de un talud a la resistencia de una masa de suelo contra alguna falla o movimiento. Es necesario definir criterios de estabilidad para poder definir un factor de seguridad” (Muñoz, 2017, p.23).

La estabilidad está en relación a fuerzas estabilizantes y desestabilizantes que están presentes en el talud para ello con el rango de seguridad obtenido se busca conocer fallas en condiciones de inestabilidad para lo cual se realiza el diseño (Muñoz, 2017, p.23).

## Análisis de estabilidad

El análisis para un talud está en relación a los factores de seguridad que corresponde a propias características de dicho talud.

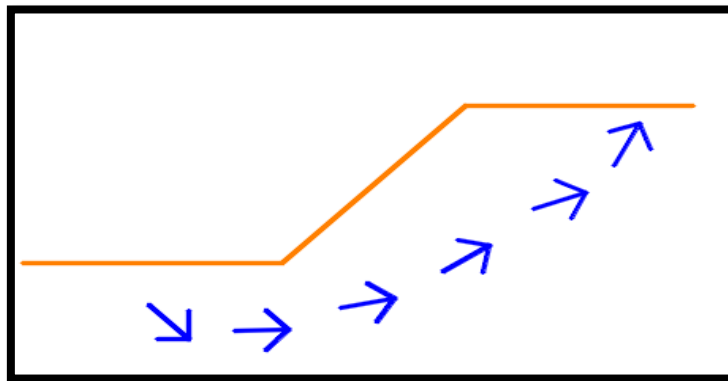


Figura.1. Esquema estabilidad de talud

$$F = \frac{\text{Fuerzas Estabilizadoras}}{\text{Fuerzas desestabilizadoras}} \dots (1)$$

En dónde:

Fuerzas Estabilizadoras: Resistencia al corte del terreno

Fuerzas Desestabilizadoras: Peso deslizante (sobrecargas, presión de agua)

El factor de seguridad global o única engloba la imprecisión de resistencia, el error humano y el modelamiento que se realiza en el cálculo.

(Valiente, Sobrecases, Díaz, 2015, p. 4) definen al factor de seguridad como “el factor por el cual debe reducirse la resistencia cortante del suelo para llevar la masa a un equilibrio límite a lo largo de toda la superficie”.

El factor seguridad en un talud es definido como la relación que existe entre las fuerzas que ocasionan el deslizamiento y las que se oponen como una fuerza resistente.

Los rangos para la evaluación del talud se encuentran en el Anexo 2.

Para realizar el análisis de un talud ya sea para un macizo rocoso es necesario utilizar otros parámetros, criterios y estudios que se han realizado. Por ello, Roberto et al. (2006) “las clasificaciones geomecánicas constituyen una herramienta de gran utilidad para la caracterización de macizos rocosos” (p. 10).

Para poder realizar el análisis para un talud se tiene que considerar los potenciales de falla determinando el más representativo. Para Camacho (2016, p.4) “la zona de análisis de los modelos de taludes representa los lugares de mayor concentración de esfuerzos y líneas de flujo”.

(Sobarzo, Villalobos y King, 2011, p.1) En los diferentes métodos para el análisis de laderas asumen que el material es un continuo homogéneo y uniforme, lo cual no siempre resulta cierto.

Para poder analizar los diferentes casos de taludes existen muchos métodos que nos permiten asimilar de forma sencilla un talud complicado y poder determinar la superficie de falla y su estabilidad (Sobarzo, Villalobos y King, 2011, p.1).

Para Sanhueza y Rodríguez (2013, p.4) “Los análisis de estabilidad en el caso de las laderas naturales tienen por objetivo estimar su nivel de seguridad y, según el resultado obtenido, implementar medidas correctivas o de estabilización adecuadas para evitar nuevos movimientos de masas”.

Al realizar el análisis para los taludes y determinar su estabilidad depende del factor de seguridad obtenido y con ello proponer soluciones de estabilización.

### Cálculos con MEL

“Para poder determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. Estos métodos consisten en dividir la masa del terreno potencialmente inestable en rebanadas, calcular y analizar equilibrio para obtener el factor de seguridad” (Valiente, Sobrecases, Díaz, 2015, p. 3).

Para García (2017, p. 56), en la Geotecnia la modelación matemática de los taludes es parte práctica de análisis con el objeto de verificar condiciones de estabilidad.

Métodos para poder resolver las ecuaciones que constituyen el modelo son. Bishop, Spencer, Janbu, Fellenius que son de equilibrio límite

### Método de Fellenius

Consiste en que la base de dovela actúa fuerzas paralelas.

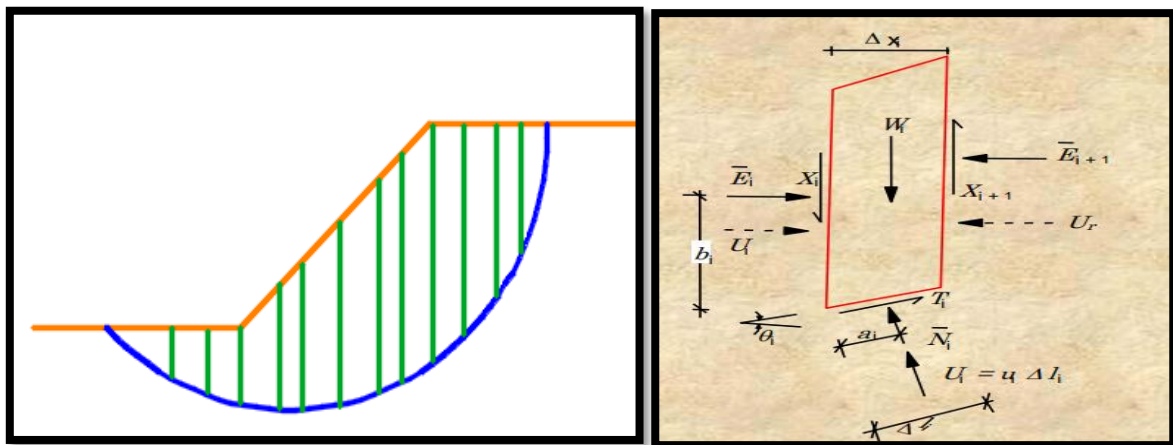


Figura 2. Actuantes en dovelas

La fórmula empleada es la siguiente:

$$F = \frac{cL + tg\theta \sum_{i=1}^n (W_i \cos \theta_i - u_i \Delta l_i)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta} \dots (2)$$



## Método Simplificado de Bishop

Los actuantes en dovelas se asumen que son cero. Esto permite la resolución en la vertical para ello se eliminan estas fuerzas.

La fórmula utilizada para el método Bishop es la siguiente:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c * \Delta x_i + (W_i - u_i * \Delta x_i) * \text{tg} \phi] [1 / M_i(\theta)]}{\sum_{i=1}^n W_i * \sin \theta_i} \dots (3)$$

$$M_i(\theta) = \cos \theta_i \left( 1 + \frac{\text{tg} \theta_i * \text{tg} \phi}{F} \right) \dots (4)$$

## Método Lowe- Karafiath

Consiste en la inclinación de la actuante lateral lo cual es promedio superficie de falla y talud.

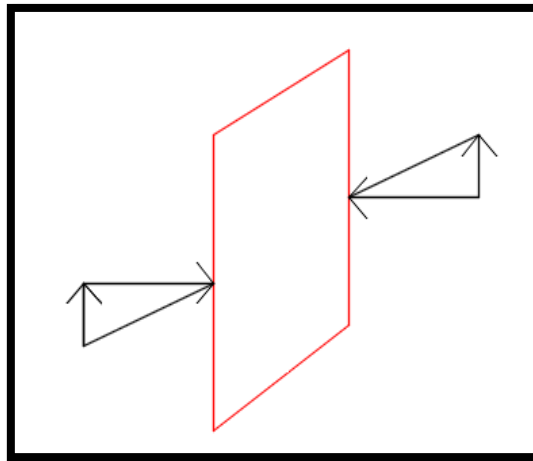


Figura 3. Actuante Lateral

$$\text{Satisface} : \frac{\sum F_v}{\sum F_h}$$

## Método de Janbu

Consiste en asumir la posición para el actuante horizontal que actúa en el talud.

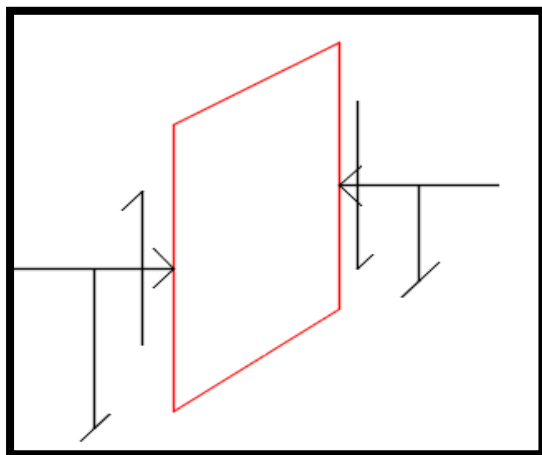


Figura 4. Actuante Horizontal

Para Ochoa (2016, p. 47), “el método de Janbu se basa en la suposición de que las fuerzas entre dovelas son horizontales y no tienen en cuenta las fuerzas cortantes”

Este método incluye un factor corrección ( $f_o$ ) y para ello la fórmula es la siguiente:

$$FS = \frac{f_o * \sum ((c' + (W - ub) * \tan \phi) * \frac{1}{\cos \alpha})}{\sum W * \tan \alpha} \dots (5)$$

Dónde:

$f_o$  = es dependiente de la curvatura de falla de la superficie

$b$  = ancho de dovela

$W$  = cada uno de los pesos de dovela

$C'$ ,  $\phi$  = cohesión y ángulo de fricción

$u$  = Presión Poro

$\alpha$  = ángulo de radio para cada dovela

## Método de Spencer

Consiste en inclinar el actuante horizontal resultante que será lo mismo para todas las dovelas.

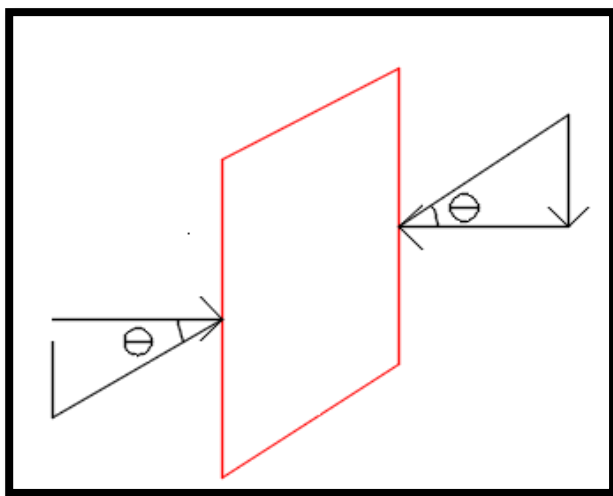


Figura 5. Inclinación de Fuerza

## Talud

Se denomina talud o ladera a la superficie inclinada con respecto a la horizontal que adoptan las masas de suelo o roca. Técnicamente se define como ladera cuando su formación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se formó artificialmente producto de la intervención del hombre como por ejemplo en un movimiento de tierras para un proyecto (Muñoz, 2017, pág.18).

El tipo para un talud según la intervención son natural y artificial (Ver Anexo 3).

## Clasificación de Taludes

“Los taludes se pueden clasificar de acuerdo a varios factores que en conjunto definen su estabilidad. Cada uno de estos factores, por separado no determinan la inestabilidad del talud, ya que un factor puede influir de manera favorable o desfavorable” (Muñoz, 2017, pág.19).

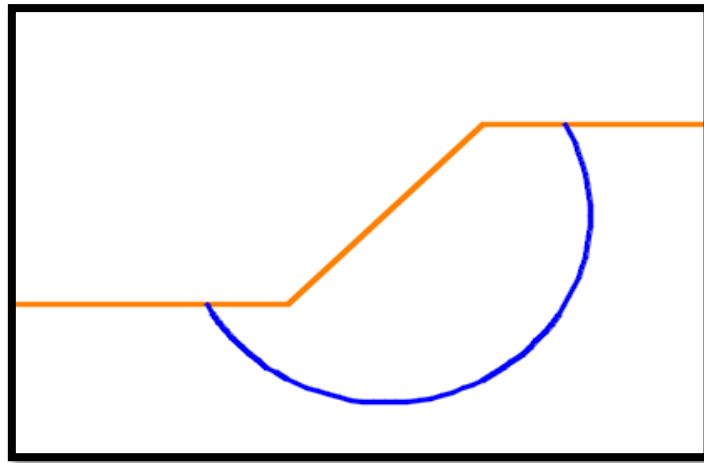
También se clasifican según su descripción (Ver anexo 3)

## Formas de falla de taludes

Las diferentes fallas que existen en los taludes y sus métodos correspondientes están en relación a la superficie de falla, la forma por lo cual se afirma que por lo general son cóncavas y ocurren bajo 3 condiciones los cuales son:

### Falla base

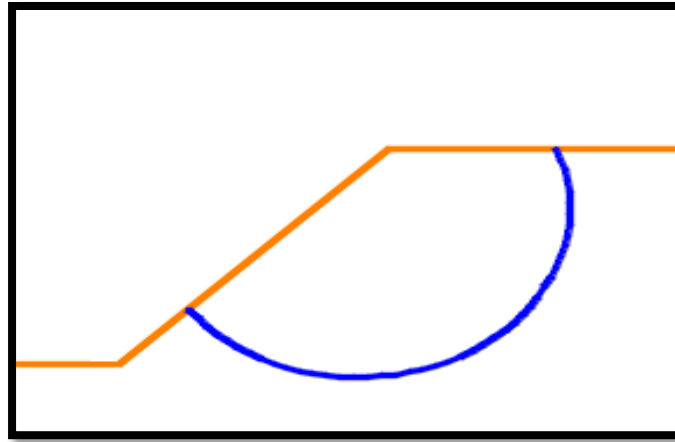
Consiste en el desprendimiento de forma verticalmente de los estratos que generan presión en la parte del pie del talud esto genera que dicha superficie de falla sea cercana a dicho pie de talud.



*Figura 6.* Falla base en el pie de talud

### Falla en cara de talud

Consiste en los estratos y la rigidez que lo conforma es distinta. Esto ocurre porque existe presencia de otro estrato intermedio que es firme y limita que la superficie de falla se pueda extender dicho plano de falla intercepta al talud y ubicada por encima de la parte base.



*Figura 7. Falla por encima del pie de talud*

Los métodos determinísticos mencionados son muy importantes para la evaluación y determinación de la estabilidad. Por otro lado, también existe un estudio probabilístico del talud debido al pasar del tiempo. Es por ello que para Hruskovic (2011, p.54) “la probabilidad de fallo es un concepto importante en el tratamiento del riesgo y su medición tiene una historia muy larga”.

Por otro lado, según Fernández, Villalobos y King (2018, p.4) “la evaluación probabilística de la estabilidad de taludes ofrece la principal ventaja de considerar de manera lógica la confiabilidad y el riesgo del sistema”.

Para poder evaluar las fallas en relación a la vulnerabilidad que está expuesta un talud es necesario encontrar el riesgo y peligro que ocasiona. Según Hernández y Ruiz (2016, p.3), “la vulnerabilidad está en relación directa con el concepto multidimensional del riesgo”.

Según Cordero (2012, p.29) “dependiendo de los daños este tipo de obras geotécnicas pueden ser reparadas con relativa facilidad”.

### **Tipos de Falla en laderas y taludes**

Las diferentes tipologías de fallas que se producen en las laderas y taludes están principalmente relacionados a los tipos de materiales que lo constituyen, mecanismo de falla, si existe la presencia de agua.

Para Coliente (2010, p.19) los tipos de falla son:

- Falla por deslizamiento superficial
- Falla por superficies de fallas preexistentes
- Falla por deslizamiento del cuerpo del talud
  - Rotacional
  - Traslacional
- Fallas por Flujos
- Falla por erosión
- Falla por licuación

### **F.S. Global**

(Suárez, 2006, p. 2) “Es la relación numérica entre la resistencia a corte disponible del material del macizo en la superficie de ruptura analizada y los esfuerzos de corte que generarán el movimiento de masa”.

Factor de seguridad global (F.S Global) es una relación actuante a favor y otro en contra que hace al talud llegar a fallar a lo largo de toda su superficie (Suárez, 2006, p. 2).

Los factores para la evaluación son en dos casos: estáticos  $\geq 1.2$  o  $1.5$  y dinámicos  $\geq 1$

Para evaluar el comportamiento de suelos o rocas presentes en un talud se considera los criterios de Mohr- Coulomb y Hoek y Brown, los cuales son los siguientes:

### **Criterio de Mohr –Coulomb**

(Sackschewski, 2017, p. 30) “Es un criterio de rotura lineal que expresa la resistencia al corte a lo largo de un plano en un estado triaxial de tensiones”.

Es un criterio que por lo general están relación lineal de esfuerzos normales y tangenciales producidos en el suelo (Sackschewski, 2017, p. 30).

La fórmula es la siguiente:

$$\tau = c + \sigma n * \tan \phi \dots (6)$$

Dónde:

C= cohesión

$\sigma, \tau$ = tensiones tangenciales y normales

Según Ayala (2017, p.28) “el criterio de rotura de Mohr- Coulomb, fue propuesto por primera vez por Coulomb en el año 1773, inicialmente pensado para el estudio de suelos, siendo un criterio lineal”

### **Criterio de Hoek –Brown**

Para Sackschewski (2017, p.32), “es un criterio de rotura no lineal más adecuado para evaluar la matriz rocosa isotrópica en condiciones triaxial”

La fórmula es la siguiente:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_i * \sigma_{ci} * \sigma_3 + \sigma_{ci}^2} \dots (7)$$

$\sigma_1$  y  $\sigma_3$ = esfuerzos principales mayores y menores

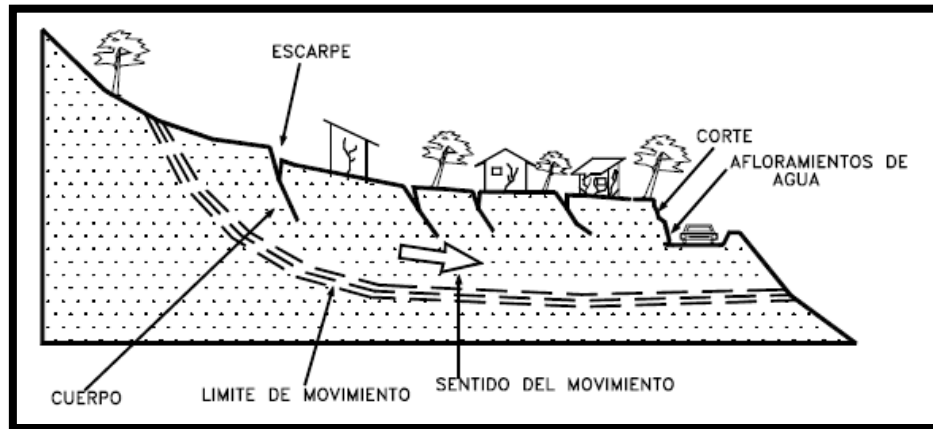
$m_i$ = constante roca intacta

$\sigma_{ci}$ = resistencia de la roca a compresión

### **Diferencias entre Deslizamiento-Derrumbe**

#### **Deslizamiento**

“Consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales por desestabilización de corte, relleno o deforestación” (Suarez, 1998, p.26).



*Figura 8. Deslizamiento en suelos blandos*

Los deslizamientos a diferencia de los derrumbes se caracterizan por tener una superficie de falla por lo que en los derrumbes no sucede sino una falla general y sin sentido de movimiento

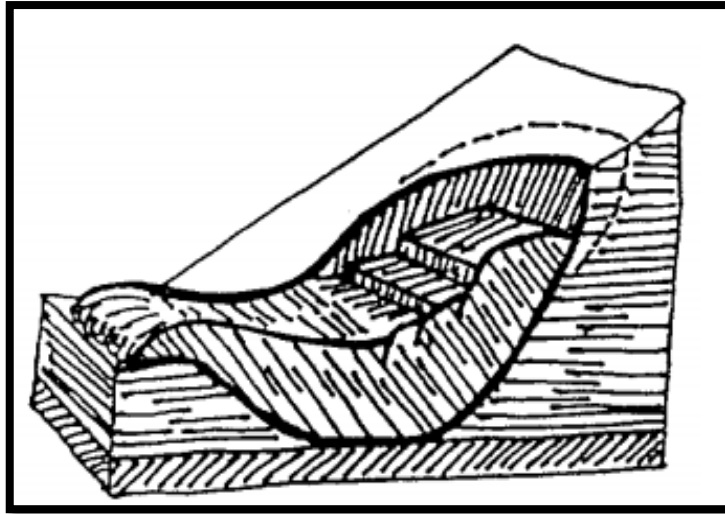
Para Salazar (2015, p.62), los “deslizamientos ocurren cuando las fuerzas resistentes son menores que las fuerzas de volcamiento o sollicitación. Se caracterizan por presentar una superficie de falla definida, las cuales pueden tener geometría circular, plana o general”

El tipo de material de la zona genera impactos ya que su litología y sus propiedades geomecánicas permiten movimientos de masa del talud. Por ello, para Vargas (2000, p.13), “un movimiento de masa comúnmente es descrito por el tipo de material litológico afectado o desplazado”.

### **Derrumbe**

Para Sackschewski (2017, p.65), el “derrumbe son movimientos de caída de bloques rocosos y/o suelos frecuentes en zonas escarpadas las cuales no siguen una superficie de rotura regular”.





*Figura 9. Fallas a causa de derrumbe*

Los deslizamientos o derrumbes en un 40% se deben a las intensas precipitaciones a la que está expuesta el suelo, por lo cual causa una alteración en las propiedades y se convierta en suelo inestable. Para Wesley (2011, p.4), los “resbalones y deslizamientos en suelos residuales generalmente se activan por periodos de lluvia prolongada o intensa y son los resultados de aumentos temporales en la presión de agua de los poros”

### **Erosión.**

La erosión es uno de los procesos de desintegración de las partículas de suelo que generan inestabilidad en el talud y generan fallas llegando poco a poco al colapso de toda la masa de tierra.

Para Machuca (2013, p. 15) “la erosión genera remoción de la capa superficial del suelo, sea cual sea el agente responsable: agua, viento, hielo, actuaciones humanas, etc”



*Figura 10. Erosión en Talud*

### **Sistema Gaviones**

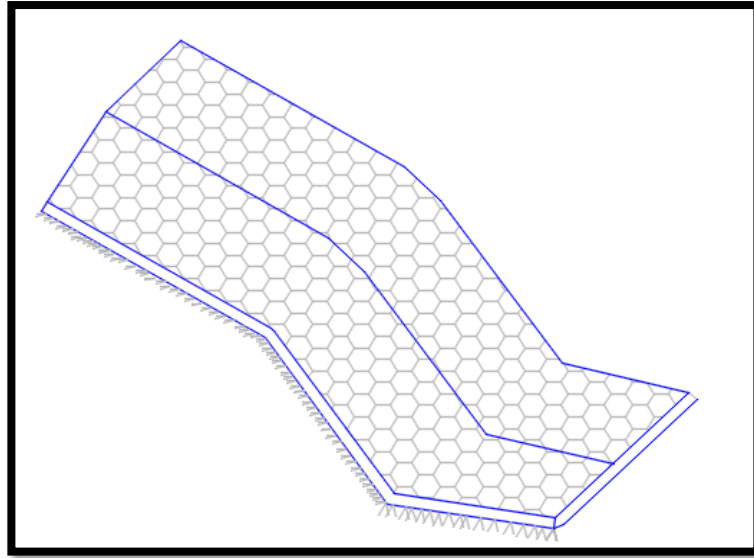
Los gaviones son cajas prismáticas de enrejado de Triple Torsión. Debido a sus características y sus costos y a la flexibilidad para su instalación ha sido una de las principales soluciones Ingenieriles en el Perú y a nivel mundial los cuales en tema de rendimientos superan los 80 m<sup>3</sup>/día.

Estos elevados ritmos de instalación junto con el precio de la solución y de la piedra hacen que los gaviones sean la solución más competitiva en el mercado. (MAJORAL, et al, 2005).

Los gaviones fueron fabricados por primera vez en el año 1912 por la compañía Bianchini Ingeniero

### **Clasificación según su forma y aplicación**

**Gavión tipo Colchón:** Es conocido como gavión recubrimiento o colchoneta. Este tipo de gavión es definido como una estructura de forma prismática de pequeña altura en relación a las dimensiones laterales. Sus espesores más utilizados pueden ser de 20 a 30 cm (Ogonda, 2015, pág. 15).



*Figura 11. Tipo Colchón*

Según (Ogonda, 2015, pág.16) Dentro de su aplicación son más utilizados en:

- Protección de erosión de taludes
- Revestimiento de canales
- Defensas fluviales
- Protección de estribos en puentes

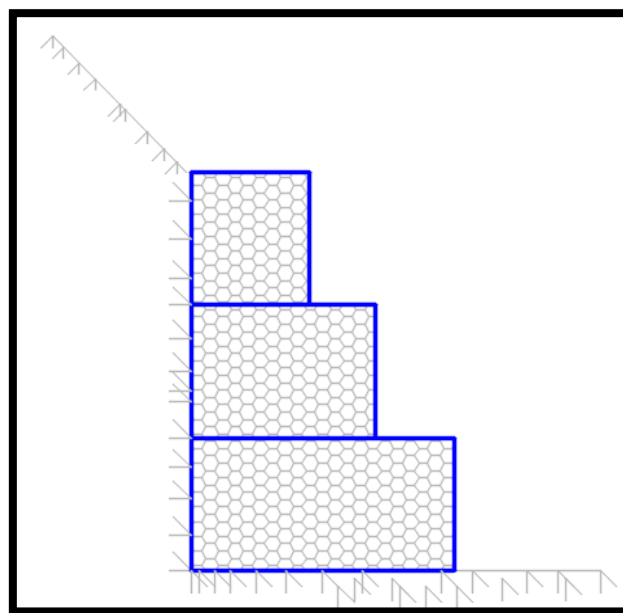
### **Gavión tipo caja**

(Ogonda, 2015, pág.16), “se puede definir como un contenedor prismático realizada mediante una caja paralelepípedo de diferentes mallas. Dentro de los materiales utilizados son la malla simple torsión, malla galvanizado o malla electrosoldada”.

Por otro lado, para Quiliche (2014, p.53), “estas estructuras son unidades eficientes, económicas y técnicas como soluciones de ingeniería para encauzamiento de ríos, defensas ribereñas, estabilidad de taludes y muros de contención”.

El diámetro para los alambres utilizados para el tipo de malla varía entre 5 a 12mm.

Según la Norma UNE el relleno para el gavión tipo caja o recubrimiento es que este sea 1 o 2 veces más ancho de la malla a utilizar.



*Figura 12. Gavión Tipo caja*

Cuando los gaviones son construidos cerca de las riberas de los ríos es recomendable revestir a la malla galvanizada con zinc. Es por ello que para Luján (2017, p.25), “está demostrado ampliamente que el zinc es el metal de sacrificio por excelencia para este tipo de protecciones” (Pachas, 2017, p.11) el revestimiento con zinc o galvanización permite mitigar efectos para protección de corrosión y abrasión.

Para mantener en óptimas condiciones cuando el gavión está expuesto al agua es necesario revestirlo con zinc para evitar que la corrosión debilite al alambre y dañe su integridad de toda la estructura (Pachas, 2017, p.11).

## Sistema Erdox

(Betonform, 2019). El sistema Erdox consiste en un muro de contención que cuenta con un monoanclaje y tiene como principales ventajas una rápida instalación, poco peso, estabilidad inmediata y armar previamente en un lugar cercano.

Este sistema está constituido por 2 vigas de acero (HE120B), unidas en forma de cruz conectadas a un cable o tirante rígido con una unión central lo cual sirve para realizar la conexión con la placa base.

(Betonform, 2019). En los bordes de la viga se conectan 4 a 8 cables de contraviento de 16mm de diámetro conectadas al bloque de concreto, la cantidad depende del sistema que se utiliza.

Para Castro (2011, p.17) “los sistemas flexibles de alta resistencia anclados al terreno son una de las distintas técnicas existentes para la estabilización de taludes”.

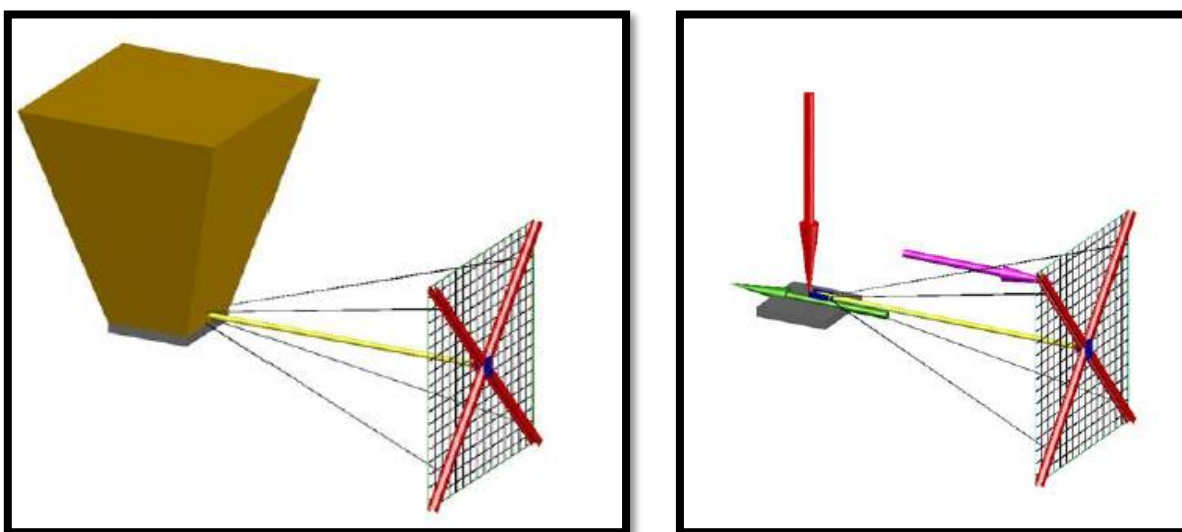


*Figura 13.* Elementos que lo conforman

Este sistema es novedoso y muy amigable con el medio ambiente por lo que se puede generar una revegetación es por ello que Para Urteaga (2017, p.16) “el impacto ambiental generado por esta estructura es muy bajo debido a que se recomienda sembrar sobre la estructura, lo cual hace que el paisaje prácticamente no se vea afectado”

### **Principio Comportamiento Estructural**

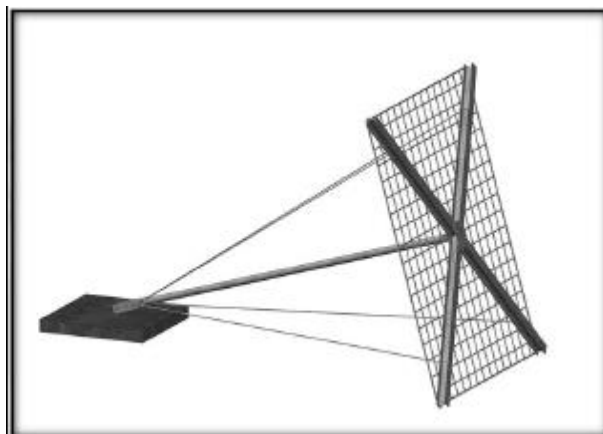
El sistema de Contención Anclado Erdox consiste en que: el peso del material de relleno de las estructuras actuantes en la placa de concreto tiene que ser mayor del empuje frontal en la red estructural.



*Figura 14. Funcionamiento Erdox*

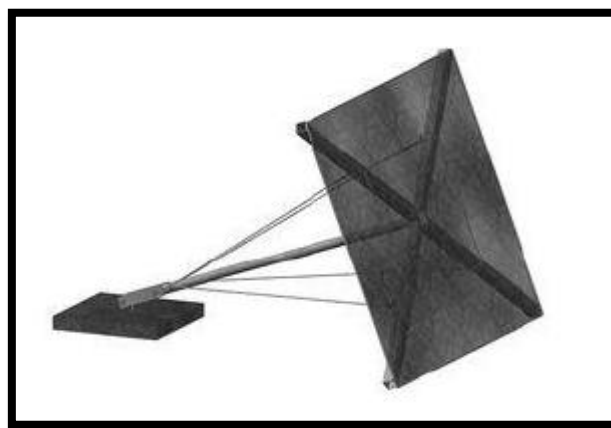
Para la Empresa Betonform LA (2019), debido al funcionamiento del tipo piramidal de la estructura Erdox geométricamente es imposible que sufra problemas de volteo (p. 4).

## Tipos de Sistemas Erdox



*Figura 15. Erdox Tierra*

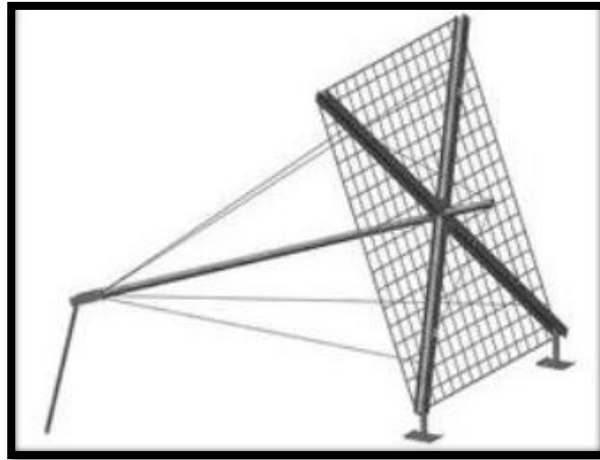
Para este tipo de Sistema Erdox Tierra se cuenta con 4 cables contraviento y 1 placa de anclaje y si fuera tipo reforzado son 8 cables contraviento y 2 placas de anclaje. Este tipo de Erdox tiene dimensiones de 3.10m x 3.60m con un peso aproximado de 350 kg por cada elemento. La placa de anclaje es de dimensiones 140x140x0.18m (Betonform, 2019).



*Figura 16. Erdox Junior*

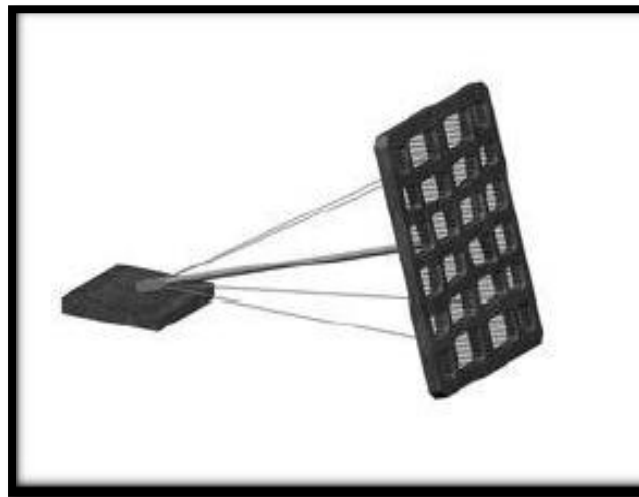
Presenta menores dimensiones los cuales son 2.00 x 2.50m con un peso de 120 kg por unidad. Es utilizado en proyectos cuando la resistencia actuante es mínima. Es capaz de estabilizar una pendiente inestable (5m<sup>2</sup>) y las resistencias a cargas aproximadamente es 10 a 12 toneladas (Betonform, 2019).

(Betonform, 2019). Las dimensiones para la placa de anclaje del Erdox Junior tienen las dimensiones de 0.80x0.80x0.10m y conformado por 4 cables contraviento.



*Figura 17. Erdox Nieve*

Este tipo de Sistema está diseñado en lugares de fuerte intensidad de nieve, es por ello están ancladas en la nieve para que pueda resistir cargas presentadas en los taludes. Cuenta con 4 cables contravientos y un tirante rígido (Betonform, 2019).



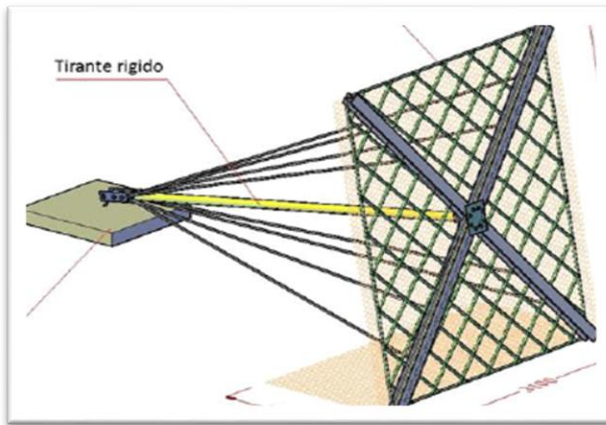
*Figura 18. Erdox C*

(Betonform, 2019). Este tipo de Erdox está diseñado para en ambientes que tienen presencia de sales como en los mares para alargar su vida útil constan de una armadura de fibra de vidrio.



## Estabilidad Global

### Sistema Erdox



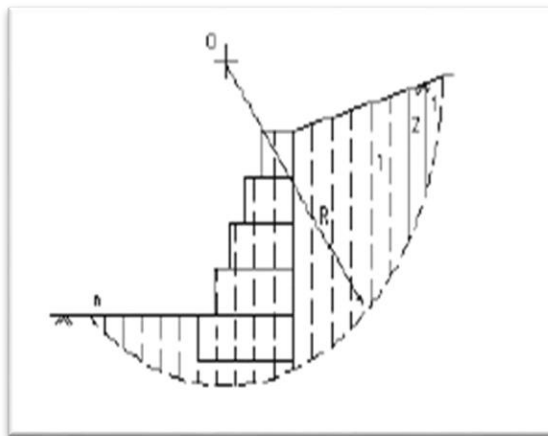
$$F_s = \frac{\sum \left( \frac{cb + P \cdot \tan \phi}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \cdot \tan \phi}{F_s}} \right)}{\sum (P \sin \alpha)} \dots (8)$$

Figura 19. Erdox

Realizar la iteración hasta conseguir un factor de seguridad superior a **1.2**

### Gaviones

El factor de seguridad contra la falla global es:



$$F_s = \frac{\sum \left( \frac{cb + P \cdot \tan \phi}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \cdot \tan \phi}{F_s}} \right)}{\sum (P \sin \alpha)} \dots (9)$$

Figura 20. Falla Global en Gavión

Como el factor de seguridad aparece en ambos lados su determinación es iterativa, se buscan varias superficies hasta encontrar la más crítica. El factor de seguridad debe superior a **1.2**.

### **Estabilidad Local (Dimensionamiento de los componentes)**

#### **Sistema Erdox**

La fuerza en condición estática se calcula con la siguiente ecuación:

$$Ed = \gamma G2 \left( \frac{1}{2} * \gamma * h^2 * K \right) + \gamma Q1(Qh * K) - \gamma G2(2c''d * h * K^{\frac{1}{2}}) \dots (10)$$

Dónde:

- ✓  $\gamma$ = peso específico
- ✓ H= altura de la barrera
- ✓ K= coeficiente de fuerza activa
- ✓ Cd= cohesión
- ✓ Q= fuerza transmitida al terreno

La presión del sistema se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = \gamma G2(\gamma * H * k) + \gamma Q1(Q * K) - \gamma G2(2 * c''d * k^{\frac{1}{2}}) \dots (11)$$

La magnitud del empuje ejercido sobre el panel frontal:

$$P = \gamma * h * \frac{Ka}{2} + Q * Ka \dots (12)$$

Dónde:

$\gamma$ = peso específico del material relleno

h= altura de estructura

Se utilizan diferentes parámetros para los diferentes límites estructurales. (Ver Anexo 4)

## Gaviones

La base del gavión se calcula así:

$$B = \frac{1}{2}(1 + H) \dots (12), \quad H = \text{altura total del muro}$$

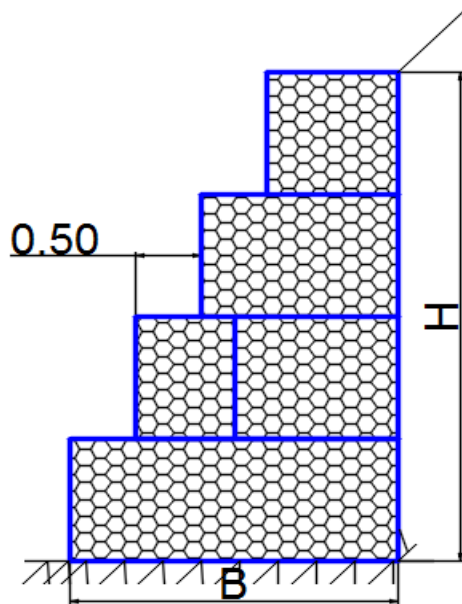


Figura 21. Gavión Tipo externo

Para los parámetros que conformarán el gavión, Bianchini Ingeniero realizó una tabla como guía (Ver Anexo 4)

- **El empuje activo:**

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \dots (13)$$

$$E_a = \frac{1}{2} * \delta_{\text{suelo}} * H^2 * K_a \dots (14)$$

En dónde:

$K_a$ = Coeficiente Activo

$E_a$ = Empuje activo

$\phi$ = ángulo de fricción

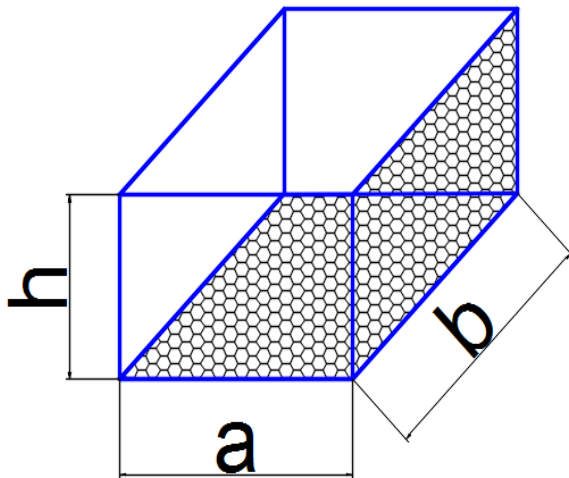
- **Momento por Volcamiento:**

$$M_o = \left(\frac{H}{3}\right) * Ea \dots (15)$$

Mo= Momento por volcamiento

- **Peso por cada bloque:**

$$Volumen = b * a * h \dots (16)$$



a= ancho de la caja gavión  
b= largo de la caja de gavión  
h= altura de la caja de gavión

Peso del Gavión

$$W = \gamma * Vol \dots (17)$$

Figura 22. Dimensiones de Gavión

- **Momento estabilizante:**

$$M_e = W * Bwt \dots (18)$$

W= Peso del gavión

Me= Momento estabilizante

- **Factor Seguridad Vuelco (FSV):**

$$FSV = M_e / M_o \dots (19)$$

**> 2 CUMPLE**

- **Factor Seguridad Deslizamiento (FSD):**

$$FSD = (\Sigma V * \tan (K1 * \emptyset)) / Eah \dots (20) \quad > \mathbf{1.5 \text{ CUMPLE}}$$

- **Punto de la normal**

$$X = (Me - Mo) / (WT + Ws1) \dots (21)$$

- **Cálculo de Excentricidad**

$$e = \frac{B}{2} - X < \frac{B}{6} \dots (22)$$

- **Cálculo de Asentamiento**

$$\sigma_1 = \frac{(WT + Ws1)}{A} \left(1 - \frac{(6e)}{B}\right) \dots (23) \quad < \mathbf{\sigma_t \text{ CUMPLE}}$$

### **Problema general**

- ¿Cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora el comportamiento estructural y económico del km.14 Puente Capelo- Chanchamayo 2019?

### **Problemas Específicos:**

- ¿Cuál de los sistemas de estabilidad de taludes mejora la estabilidad global del km.14 Puente Capelo- Chanchamayo 2019?

- ¿Cuál de los sistemas de estabilidad de taludes mejora la estabilidad local del km.14 Puente Capelo- Chanchamayo 2019?
- ¿Cuál de los sistemas de estabilidad de taludes mejora los costos de ejecución del km.14 Puente Capelo- Chanchamayo 2019?

### **Justificación de estudio**

En la presente investigación se busca evaluar el comportamiento estructural y económico del Sistema de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones en el km.14 Puente Capelo de la Provincia de Chanchamayo con el fin de determinar el mejor sistema de solución de estabilizar taludes inestables de la zona. Se obtendrá beneficios en el aspecto económico ya que se mitigará deslizamientos de los taludes inestables cerca al río Paucartambo ocasionando pérdidas materiales como los terrenos y en la reconstrucción de la carretera principal La Merced-Oxapampa.

Con la aplicación de esta investigación se busca el mejor sistema de estabilidad de taludes ya sea con el Sistema Erdox y Gavión para proteger la zona inestable mitigando deslizamientos en las viviendas cercanas y ayudando a la conservación del medio ambiente debido a su bajo impacto ambiental que son las aplicaciones de revegetación en dichos sistemas. Es por ello que se busca aportar conocimientos especialmente con respecto al sistema Erdox en la parte teórico y cálculo estructural ya que es un sistema novedoso y no ha sido realizado en tesis a nivel nacional.

### **Hipótesis general**

- Los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora el comportamiento estructural y económico del km.14 Puente Capelo-Chanchamayo 2019.

### **Hipótesis Específicos**

- Los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora la estabilidad global del km.14 Puente Capelo-Chanchamayo 2019.
- Los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora la estabilidad local del km.24 Puente Capelo-Chanchamayo 2019.
- Los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora los costos de ejecución del km.14 Puente Capelo-Chanchamayo 2019.

### **Objetivo general**

- Determinar cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora el comportamiento estructural y económico del km.14 Puente Capelo – Chanchamayo 2019.

### **Objetivos específicos.**

- Determinar cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora la estabilidad global del km.14 Puente Capelo – Chanchamayo 2019.
- Determinar cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora la estabilidad local del km.14 Puente Capelo – Chanchamayo 2019.
- Determinar cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora los costos de ejecución del km.24 Puente Capelo – Chanchamayo 2019.

## **II. MÉTODO**



## **2.1. Tipo y diseño de la investigación**

### **2.1.1. Tipo de investigación**

Es aplicado porque se trabaja con hechos reales y con una población de estudio en la cual escogerá el mejor sistema entre el Erdox y Gavión para dar solución a los problemas de deslizamiento de taludes.

(Lozada, 2014, p.35) “La investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad. Este tipo de estudio presenta un gran valor agregado por la utilización de conocimiento que proviene de la investigación básica”.

### **2.1.2. Nivel de investigación**

La investigación es de nivel explicativo causal porque plantea estudiar los hechos y fenómenos en relación a la causa y efecto.

“La investigación explicativa causal tiene como fundamento la prueba de hipótesis y busca que las conclusiones lleven a la formulación o contraste de leyes o principios científicos. En la investigación explicativa se analizan causas y efectos entre las variables” (Bernal, 2010, p. 115).

### **2.1.3. Diseño de investigación**

La investigación es experimental porque se manipulan las variables para medir el efecto en la otra variable.

(Bernal, 2010, p. 133)” La investigación experimental se caracteriza porque en ella el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, en tanto que los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis”.

Según su alcance temporal la investigación es transversal debido a que se tomará los datos en un solo periodo de tiempo.

## 2.2. Operacionalización de las Variables

### VI: Variable Independiente

**Tabla 8.** *Sistema de Estabilidad de Taludes*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>					
VI: SISTEMA DE ESTABILIDAD DE TALUDES	Son obras impredecible aquella que se ha ejecutado siguiendo criterios y métodos arbitrarios por lo que pudiera recurrir que tuviera una hiperseguridad ( Hruskovic, 2011,p.52)	Se propondrá dos sistemas que mitiguen los deslizamientos de taludes utilizando las informaciones de los estudios básicos	ESTUDIOS BÁSICOS	Estudios topográficos, geomorfológicos, hidrográficos, hidrológicos y geológicos	Razón
			SISTEMA ERDOX	Propiedades: anclaje de panel, doble placa en L, cables de unión, viga metálica galvanizado y tirantes metálicas galvanizados	Razón
			SISTEMA GAVIONES	Propiedades: diámetro de piedra, geometría de malla, alambre galvanizado	Razón

Fuente Elaboración Propia

## VD1: Variable Dependiente 1

**Tabla 9.** *Comportamiento Estructural*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE 1					
VD1: COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Es el análisis de la seguridad realizada mediante el método de los coeficientes de seguridad parciales, mayorando las acciones y minorando la resistencia (Valiente, Sobrecases y Díaz, 2015, p.3)	La medición del comportamiento estructural se realizará mediante la estabilidad global y local. Se utilizará fichas de medición	Estabilidad Global	Factor de seguridad Global ( $F.S > 1.2$ )	Razón
			Estabilidad Local	Factores de Seguridad $F.S.D > 1.5$ $F.S.V > 2$ $q_{\max} < \sigma_t$	Razón

Fuente Elaboración Propia

## VD2: Variable Dependiente 2

**Tabla 10.** *Comportamiento Económico*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE DEPENDIENTE 2</b>					
VD2: COMPORTAMIENTO ECONÓMICO	Es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración de todos los costos y beneficios del proyecto ( Chavarry, 2010, p.62)	La medición del comportamiento económico se realizará mediante los costos de ejecución para el Sistema Erdox y el Gavión utilizando una ficha de comparación	Costo de ejecución	Costo Global de los Sistemas Soles (S/)	Razón

Fuente Elaboración Propia

## **2.3. Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1. Población**

“Población es el conjunto de todos los sujetos, sobre los que queremos conocer cierta información relacionada con el fenómeno que se estudia.” (Hueso y Sempere, 2012, p.16).

(Marroquín, 2012, p. 14) “Población es el conjunto de todos los elementos, unidades de análisis que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación.”

La población son las zonas con inestabilidades de taludes del tramo Puente Reither - Villa Rica Sector Puente Capelo (3 tramos). Ver anexo 1

### **2.3.2. Muestra**

“La muestra es el subconjunto de la población que se selecciona para el estudio, esperando que lo que se averigüe en la muestra nos dé una idea sobre la población en su conjunto.” (Hueso y Sempere, 2012, p.16).

(Marroquín, 2012, p. 14) “La muestra es una parte o fragmento representativo de la población, se caracteriza por ser objetiva y reflejo fiel de la población, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población.”

Se tomará de muestra 1 tramo crítico más representativo del km. 14 al Km 15 lo cual me permitirá analizar su material y solucionar mi problemática.

Los criterios de selección fueron los siguientes:

- La zona según el Informe Técnico realizado por el Ingemmet se encontró geoformas de carácter tectónico Degradacional y erosional.
- En el km.14 al km 15 afloran limonitas y calizas lo cual es una zona inestable con ocurrencia de deslizamientos.
- Existen presencia de flujos de detritos.

- Cerca del Km.14 del sector Puente Capelo se encuentra el río Paucartambo cuya precipitación ha llegado a 2000mm.
- El sector no cuenta con soluciones para mitigar deslizamiento de taludes frente a las crecidas de los caudales o respecto a las propiedades del suelo en el talud.

### **2.3.2. Muestreo**

(Bernal, 2010, p.162) “para los métodos de muestreo, los más usados son: diseños probabilísticos y no probabilísticos. El método de muestreo utilizado para estimar el tamaño de la muestra depende del tipo de investigación, de las hipótesis y del diseño de la investigación”

Se utilizará un muestreo no probabilístico porque la muestra elegida será por conveniencia a las características de la zona y de acuerdo a los criterios de selección.

## **2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas de recolección de Datos**

(Méndez, 1999, p.143) “La técnica de recolección de datos son los medios empleados para recolectar información”.

Se empleará como técnica la observación y medición lo cual corresponde a la toma de datos de ensayos de laboratorio y datos en campo.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

(Sabino, 1996, p.88) “Un instrumento de recolección de datos es en principio, cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información”.

Los instrumentos para los diferentes procedimientos que se usarán son los siguientes:

- Ficha de Observación
- Ficha de Medición
- Fichas de Ensayos de Laboratorio

Para ello se elaboró una tabla numerando el instrumento utilizado y el anexo que se encuentra (Ver anexo 5).

### 2.4.3. Validez

“La validez se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico del contenido de lo que se quiere medir, se trata de determinar hasta dónde los ítems o reactivos de un instrumento son representativos del universo” (Corral, 2009, p.3).

La validez pasará por un juicio de expertos que validarán los instrumentos especialmente Ingenieros especializados en geología, geotecnia y transportes los cuales certificarán que dicho instrumentos realizados tiene coherencia con el trabajo de investigación y es válido.

Para ello se elaboró una tabla en relación a la validez y el anexo que se encuentra (Ver Anexo 5)

El resumen general de validez se encuentra en el Anexo 13.

### 2.4.4. Confiabilidad

“La confiabilidad o fiabilidad se refiere a la consistencia o estabilidad de una medida definido como la ausencia relativa de errores de medición en un instrumento de medida” (Quero, 2010, p.2).

En la investigación realizada para la confiabilidad se solicitará certificados de calibración de los equipos al laboratorio en donde se realizará diferentes ensayos respecto al suelo obtenido en la zona de estudio, para que los datos que se registren en las fichas de medición sean confiables y se realice de manera óptima para comparar ambos sistemas Erdox y Gavión.

**Tabla 11.** *Ensayos de laboratorio – Anexos*

	NORMA		N° ANEXO
Análisis Granulométrico por tamizado, Clasificación SUCS Y Clasificación AASHTO	ASTMD-422	Certificado de calibración	16
Límite Líquido y Plástico	ASTMD-427/ D4318		
Ensayo de Corte Directo	ASTM D-3080		

Fuente Elaboración Propia

## 2.5. Procedimiento

- Con los Estudios Básicos recopilados se obtendrá el perfil topográfico y el mapa de los peligros geológicos del lugar.
- Se realizará 2 calicatas en la zona más crítica elegida como muestra ya que el terreno es del mismo material para toda la zona deslizada a 1.50m de profundidad mínima según el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
- Los estratos que se obtendrán serán identificados siguiendo la norma mencionada ya sea para muestras alteradas e inalteradas.
- La muestra será ensayada en laboratorio para clasificar el suelo según un análisis granulométrico para clasificar el tipo de suelo, ensayo de corte directo para obtener las propiedades del suelo como son cohesión, fricción, ensayo de gravedad específica que es un parámetro importante como dato para el cálculo y el ensayo de índice de plasticidad para ver la consistencia del material ante efectos de erosión.
- Con la sección transversal y las propiedades del suelo utilizando el programa Slide de la Empresa Rocscience se analizará cual es el factor de seguridad global del talud si es estable o inestable.
- Se realizará un pre dimensionamiento para el Sistema Gavión y el Sistema Erdox realizando una variación geométrica que se adecue a las dimensiones para cada sistema.
- Se procederá analizar y determinar el comportamiento estructural en condiciones globales para el gavión utilizando el software Slide de la Empresa Rocscience lo cual se obtendrá el factor de seguridad global y se desarrollará los cálculos de factores de seguridad locales.



- Se procederá analizar y determinar el comportamiento estructural en condiciones globales para el Sistema Erdox con el software Slide de la Empresa Rocscience lo cual se obtendrá factor seguridad global y se desarrollará los cálculos de factores de seguridad locales.
- Con los factores de seguridad obtenidos se realizará la comparación de valores y si cumplen o no con los rangos.
- Se realizará los costos de ejecución de ambos sistemas en el Excel.
- Los datos serán registrados en la ficha de medición para determinar y elegir el mejor sistema de estabilidad de talud que cumpla con los comportamientos estructurales y económicos para mitigar los deslizamientos y convertir la zona en un talud estable.

## 2.6. Método de análisis de datos

“La estadística descriptiva es la rama de la estadística aplicada que se utiliza para analizar y resumir datos. Se dedica a los métodos de organización, descripción, visualización y resumen de datos originados a partir de la recogida de información” (Hueso y Sempere, 2012, p.38).

Se hará uso de la estadística descriptiva utilizando histogramas (gráficos barras) para relacionar los factores de seguridad, costos de ejecución con los Sistemas de estabilidad de taludes (Erdox y Gavión).

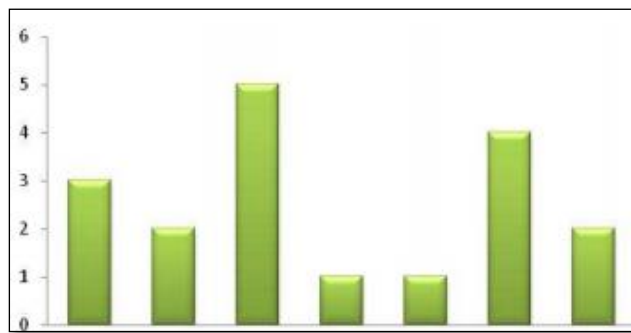


Figura 23. Gráfico de Barras

## **2.7. Aspectos éticos**

Los aspectos éticos a tomarse en la etapa de recolección de datos en campo, modelamiento y determinación en el software Slide se realizarán con honestidad, responsabilidad y confidencialidad.

Se cumplirá con el derecho de autor, la propiedad intelectual y el porcentaje similitud, así como también las certificaciones calibración de los ensayos en laboratorios para que la investigación sea óptimo así como también cumplir con los parámetros del MTC quien se encarga del rubro de carreteras.

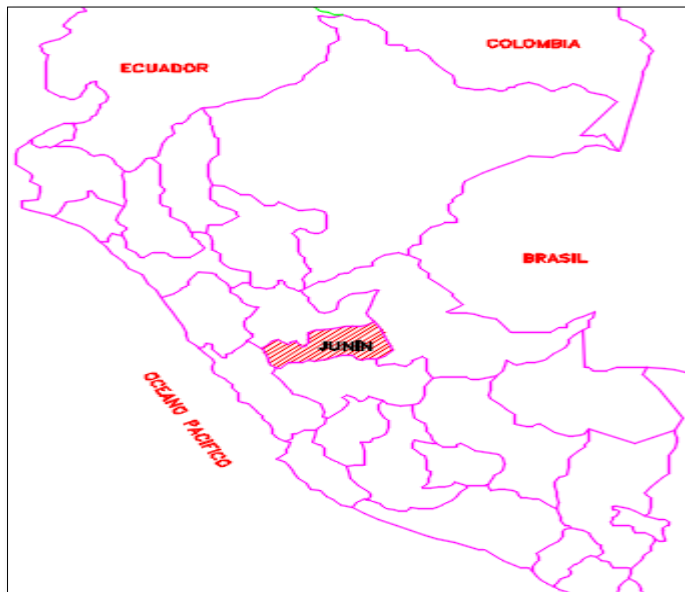
### **III. RESULTADOS**

### 3.1. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

#### 3.1.1. Ubicación

La Región Junín es uno de los 24 departamentos que junto a la a la Provincia Constitucional del Callao forman la República del Perú. La extensión territorial es de 44197 km<sup>2</sup>.

Longitud Oeste: Entre los Meridianos 75°1'8" y 76°31'8"



*Figura 24. Mapa de Ubicación de la Región Junín*

La Provincia de Chanchamayo conforma uno de las 9 provincias del Departamento de Junín. Los límites por el Norte es Departamento de Pasco; con el Este es Satipo; por el Sur con Jauja y por el Oeste la Provincia de Tarma.

Las Coordenadas de la Provincia de Chanchamayo son: 11°03'16" y 75°19'45"



Figura 25. Ubicación de la Provincia Chanchamayo

Según el Ingemmet el Anexo de Puente Capelo se encuentra en el margen derecho del río Paucartambo y pertenece al Distrito de San Luis de Shuaro

Las coordenadas UTM-WGS84:

8799150 N, 470070E

Con altitudes entre 750 a 950 m.s.n.m



Figura 26. Mapa de Ubicación de Puente Capelo

### 3.1.2. Estudios Básicos

#### a) Estudios Topográficos

El equipo utilizado para realizar el levantamiento planimétrico y altimétrico son:

Estación Total Leica con tres primas, nivel de precisión Leica, GPS Navegador, equipo de radio comunicación, winchas, jalones, eclímetros.

La Progresiva 0+000 comenzó en el desvío del Puente Reither y llegando a Puente Capelo en el Km. 14+000



*Figura 27. Levantamiento Planimétrico en el tramo de Puente Reither- Puente Capelo*

El nivel Planimétrico fue levantado en todo el sector de la carretera afirmada desde el km 0+000 ubicado en Puente Reither siguiendo por el Km14 perteneciente a Puente Capelo hasta llegar al tramo final ubicado en Villa Rica.



Figura 28. Levantamiento alimétrico en el tramo de Puente Reither- Puente Capelo

## b) Estudios geomorfológicos

En el sector inspeccionado se identificó las siguientes geoformas los cuales son de carácter Tectónico Degradacional y Erosional.

En el cerro San Andrés presenta caracterización de rocas sedimentarias ya sea en las quebradas Alto Capelo y Rodas. Estas geoformas están a 300 m de altura con respecto al nivel de base local. La pendiente de las laderas es moderada y en los sectores puntuales es muy escarpado.



Figura 29. Mapa Geomorfológico de Puente Capelo



### c) Estudios geológicos

#### Peligros Geológicos

Según los estudios geológicos en la margen izquierda de todo el km.14 existe presencia de afloramiento de limonitas y calizas de la formación de chonta que constituye la colina. Esta unidad geodinámicamente está asociada a la ocurrencia de deslizamientos, avalancha de detritos y flujo de detritos.



Figura 30. Afloramientos de limonitas y calizas

La zona donde se ubica el pueblo de Puente Capelo se encuentra en una zona inestable con recurrentes movimientos de masa. Según observado en campo el área se puede considerar geodinámicamente activa porque se presentan flujo de detritos, presencia de chontas, avalancha de detritos y deslizamientos.

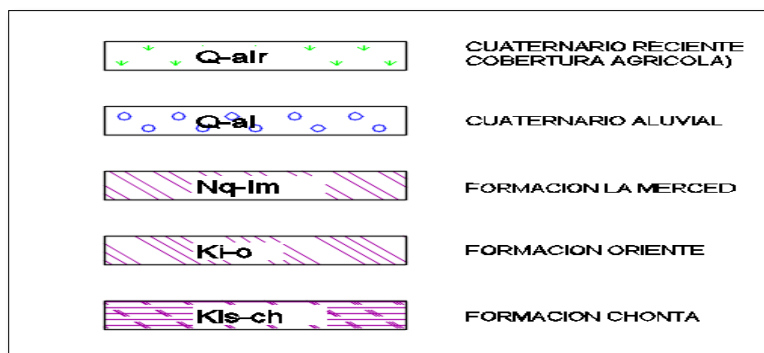


Figura 31. Afloramientos Geológicos



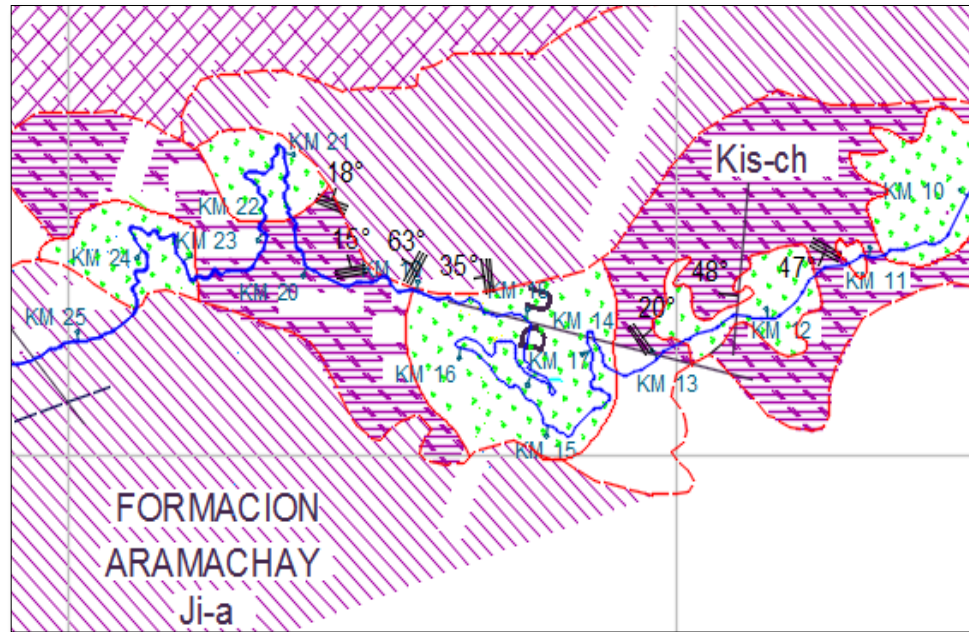


Figura 32. Mapa Geológico del tramo estudiado y sectores cercanos

#### **d) Estudios Hidrográficos e Hidrológicos**

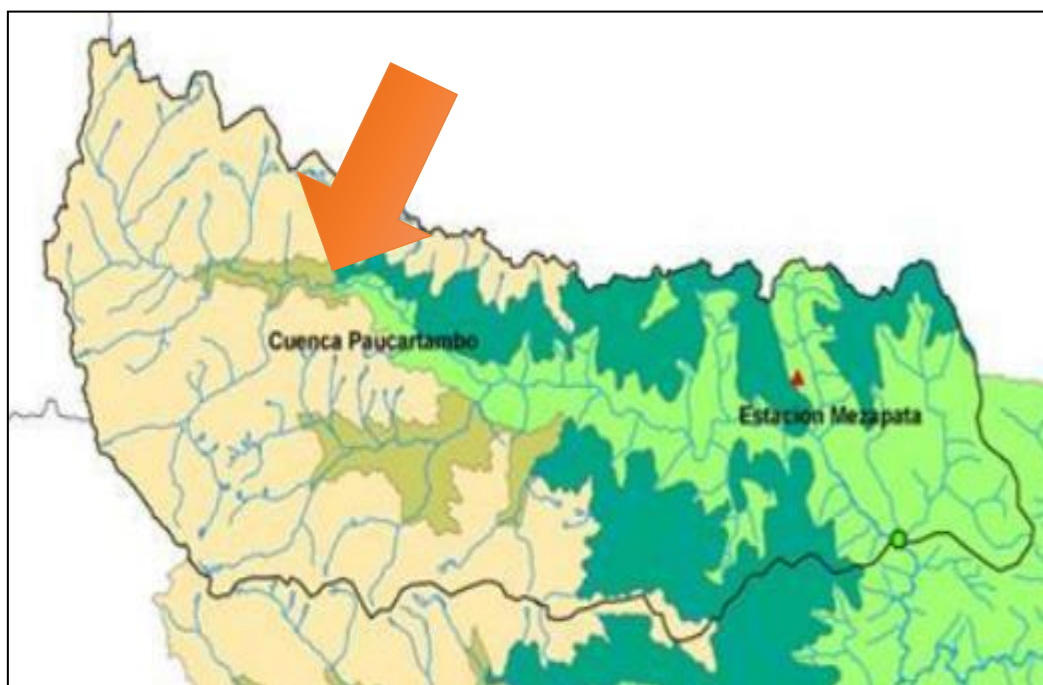
Según el ANA (2015), el río Paucartambo parte de la Cuenca Paucartambo lo cual junto con el río Chanchamayo forman el río Perené. Al respecto según observaciones realizadas en campo el río Paucartambo presenta riesgos para la población que vive cerca de las orillas debido a desbordes y arrastres por intensas precipitaciones. Las Precipitaciones totales anuales se producen en la misma época en toda la cuenca con valores de 2000 mm en las zonas altas montañosas.

El río Paucartambo tiene una longitud aproximada de 86 km con un ancho promedio de 120m.

Según la Autoridad Nacional del Agua la cuenca del río Paucartambo se tiene los siguientes valores:

$A = 2855 \text{ km}^2$ ,  $C1 = 0.18$ ,  $C2 = 0.31$ ,  $m = 1.24$  y  $n = 0.04$

Meses más bajos de los caudales son en Agosto y Septiembre debido a que es aprovechado los recursos hídricos en el sector agropecuario.



*Figura 33. Cuenca del Río Paucartambo*

Se realizó la medición de Caudales del Río Paucartambo y con el apoyo de la estación de medición de caudales máximos de Mesapata.



*Figura 34. Vista de Aguas arriba Río Paucartambo*

### **Caudales máximos del Río Paucartambo**

**Tabla 12.** *Caudales máximos del Río Paucartambo*

<b>Periodo (Años)</b>	<b>Log (T)</b>	<b>Caudal Instantáneo (m<sup>3</sup>/s)</b>
1000	3	1936
500	2.7	1742
200	2.3	1485
100	2	1291
50	1.7	1097
25	1.4	902
10	1	645
2.33	0.4	237

Fuente ANA, pág.53

Se realizó mediciones de caudales en campo para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} / n * S^{1/2} \dots (22)$$

Los datos obtenidos son:

El tirante máximo medido es H= 4m alcanzado medias extraordinarias

A= 196m<sup>2</sup>, S= 0.01, C= 0.045 y P= 56m

Obteniendo un caudal máximo de 1000 m<sup>3</sup>/s lo cual correspondería a un periodo de retorno de 50 años.

La profundidad de socavación es de 1.85m para un caudal de 115m<sup>3</sup>/s.

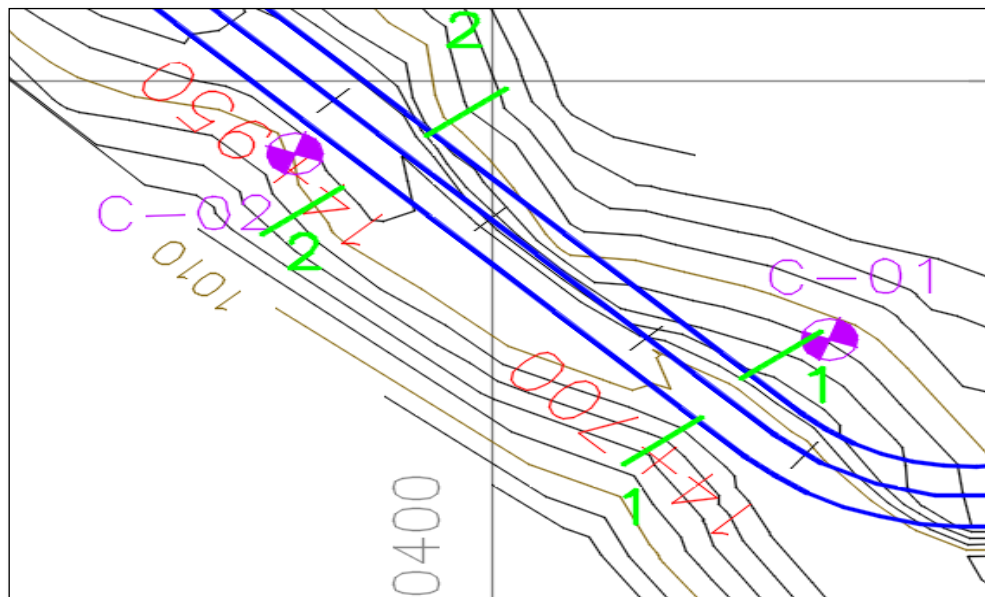


*Figura 35. Erosión Fluvial en Puente Capelo*



*Figura 36. Aumento de caudal afectó Jardín de niños y Losa deportiva*

#### **e) Estudio de Mecánica de Suelos**



*Figura 37. Vista en Planta de las calicatas realizadas*

Se realizó 2 calicatas en la localidad de Puente Capelo en el Km.14 para conocer la estratigrafía de la zona y también para obtener las muestras y ensayarlos en laboratorio.



### Calicata 01. Km14+700



*Figura 38.* Calicata en el Km14+700 a una Profundidad de 1.50m



*Figura 39.* Estratos obtenidos y cuarteos realizados

## Calicata 02. Km14+950



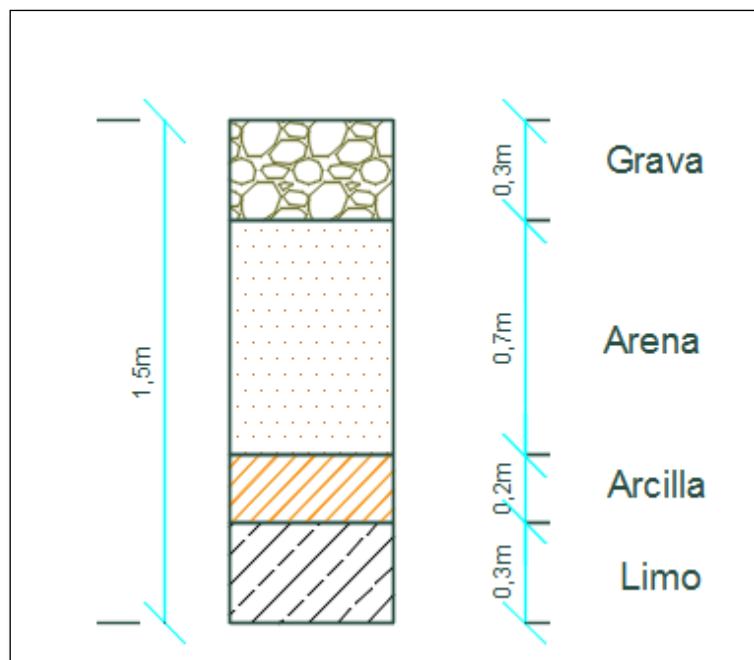
*Figura 40.* Calicata en el Km14+950 a una Profundidad de 1.50m



*Figura 41.* Estratos Obtenidos y cuarteos realizados

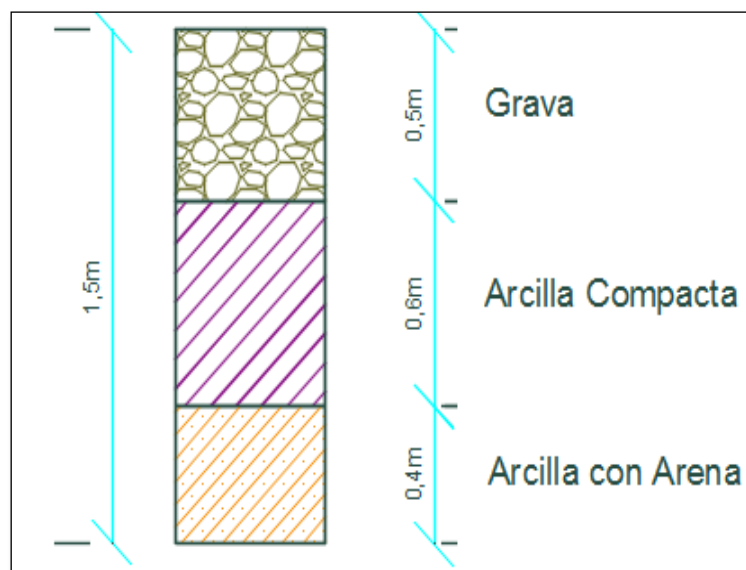
Se elaboró los perfiles estratigráficos in situ de las dos calicatas.

**Calicata 01. Profundidad =1.50m, km14+700**



*Figura 42. Perfil Estratigráfico in situ calicata 01*

**Calicata 02. Profundidad =1.50m, km14+950**



*Figura 43. Perfil Estratigráfico in situ calicata 02*



## Representación de Calicata N°01 y Calicata N°02

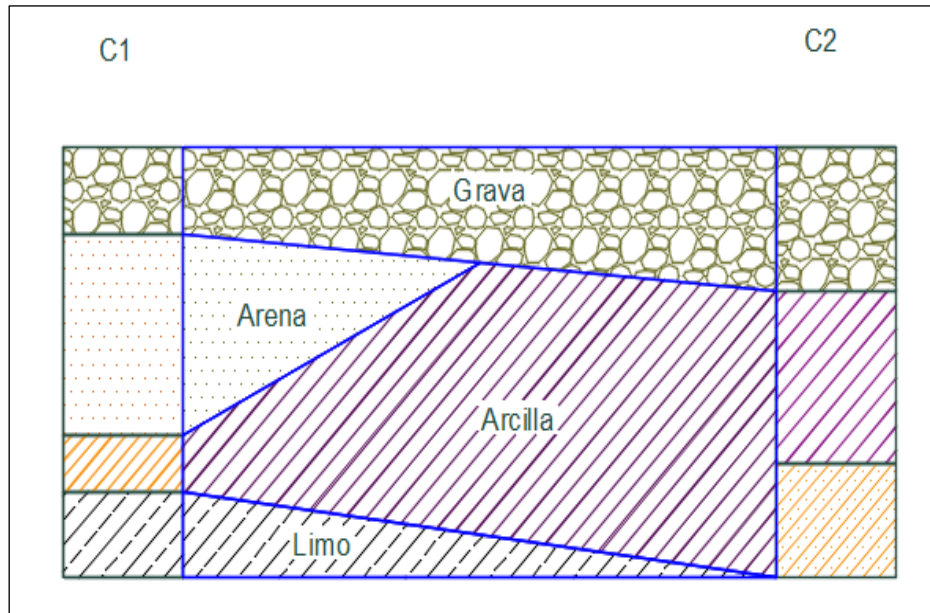


Figura 44. Perfil Estratigráfico de las dos calicatas

### Muestra Inalterada para Ensayo de Corte Directo según ASTM D-4220 de la Calicata N° 02.

Las dimensiones para sacar la muestra inalterada son de 15cmx15cmx15cm. Se realizó el parafinado, etiquetado de la muestra y colocación en la caja con aserrín para evitar alteraciones durante el transporte.



Figura 45. Bloque inalterado para Ensayo de Corte Directo



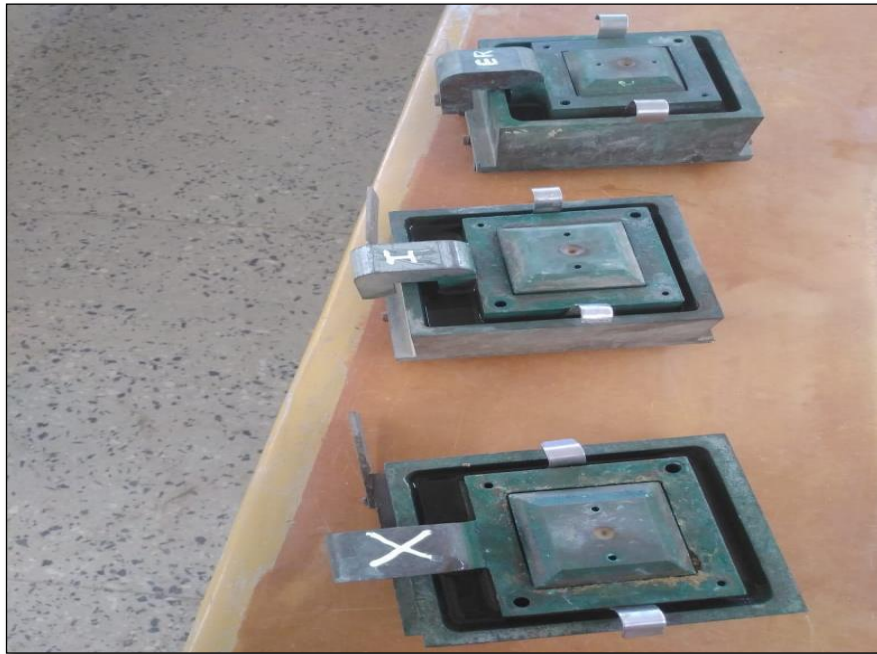
*Figura 46.* Bloque inalterado de dimensiones 15cmx15cmx15cm

Retiro del Embalaje del Bloque Inalterado en el laboratorio de la UNALM (Universidad Nacional Agraria la Molina).



*Figura 47.* Colocando en los moldes para Ensayo Corte Directo

Para suelos se toma tres moldes o celdas para realizar el ensayo de Corte Directo según el ASTM D-3080.



*Figura 48.* 3 Moldes para realizar la consolidación y el corte directo



*Figura 49.* Equipo de Corte Directo de la Universidad Nacional Agraria la Molina

### Sección transversal del km 14+700

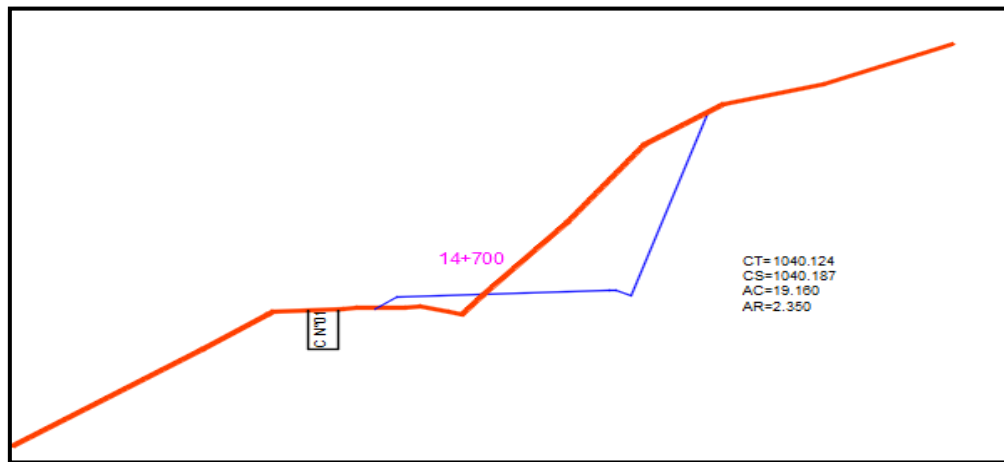


Figura 50. Talud del km 14+700

1-1

Altura del Talud= 5.35m

Ángulo del talud=  $33^{\circ}$

### Sección transversal del km 14+950

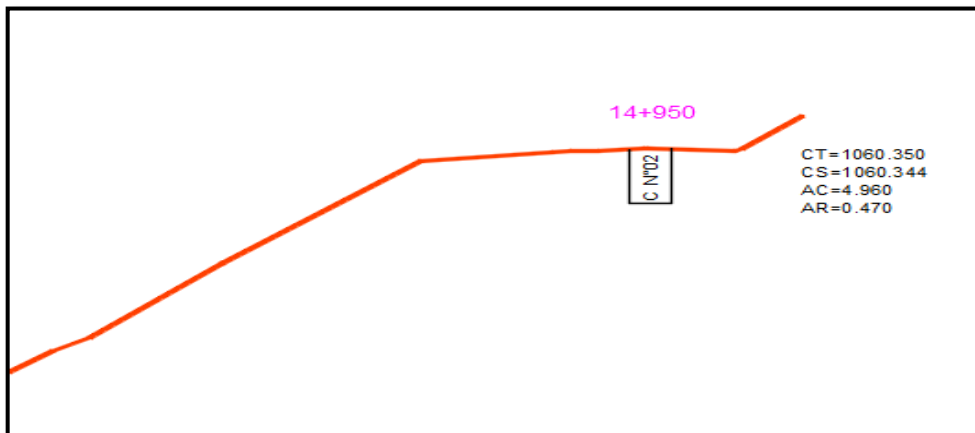


Figura 51. Talud del km 14+950

2-2

Altura del Talud= 7.24m

Ángulo del talud=  $37^{\circ}$



## g) Análisis Global en el Software Slide

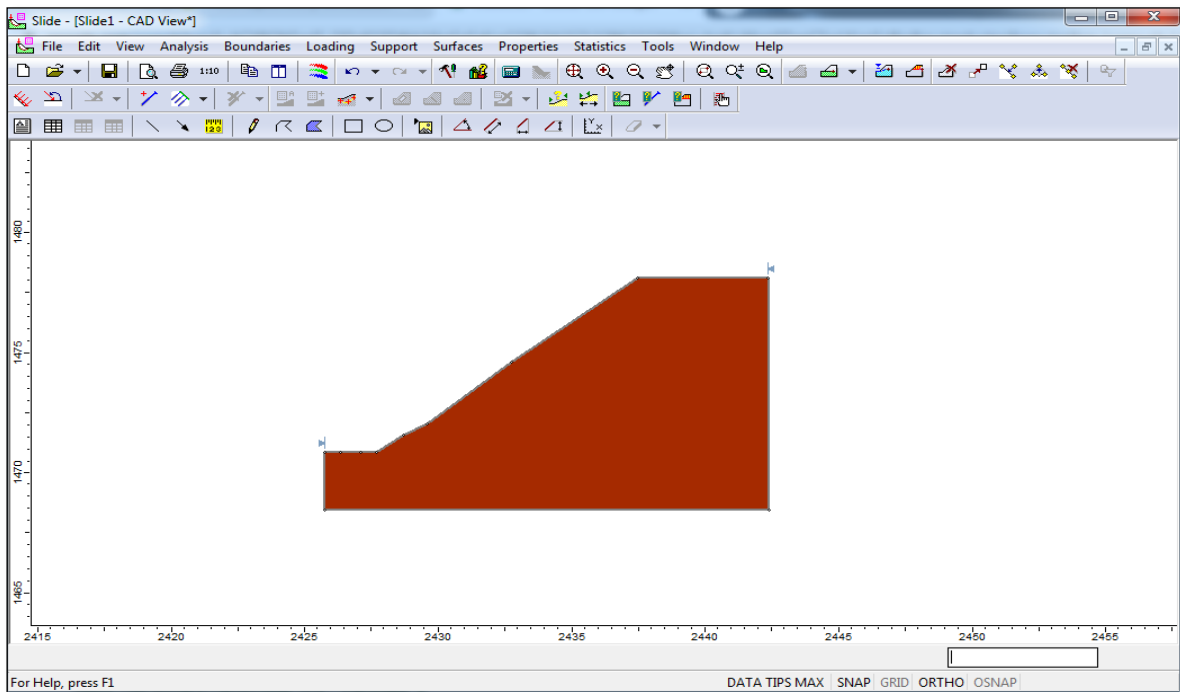


Figura 53. Importación del Talud al Slide

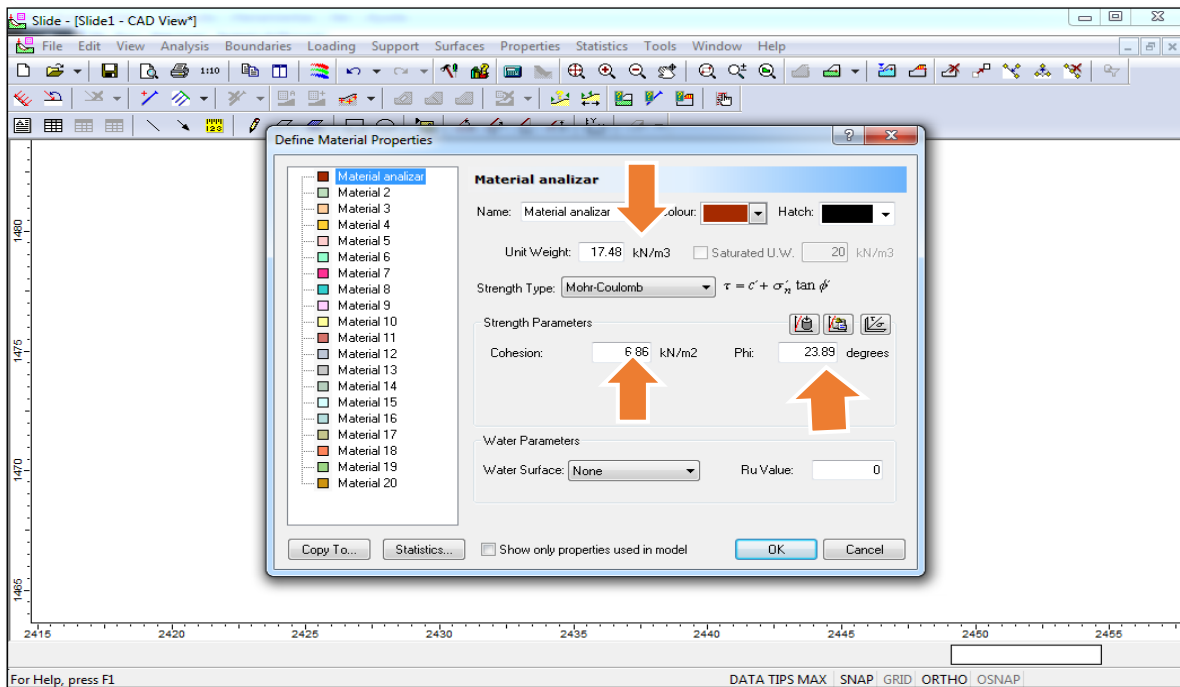


Figura 54. Definiendo Propiedades del material del talud y tipo de resistencia



En la industria el Método de Spencer es el más utilizado porque cumple con todas las condiciones de equilibrio de momentos y esfuerzos cortantes.

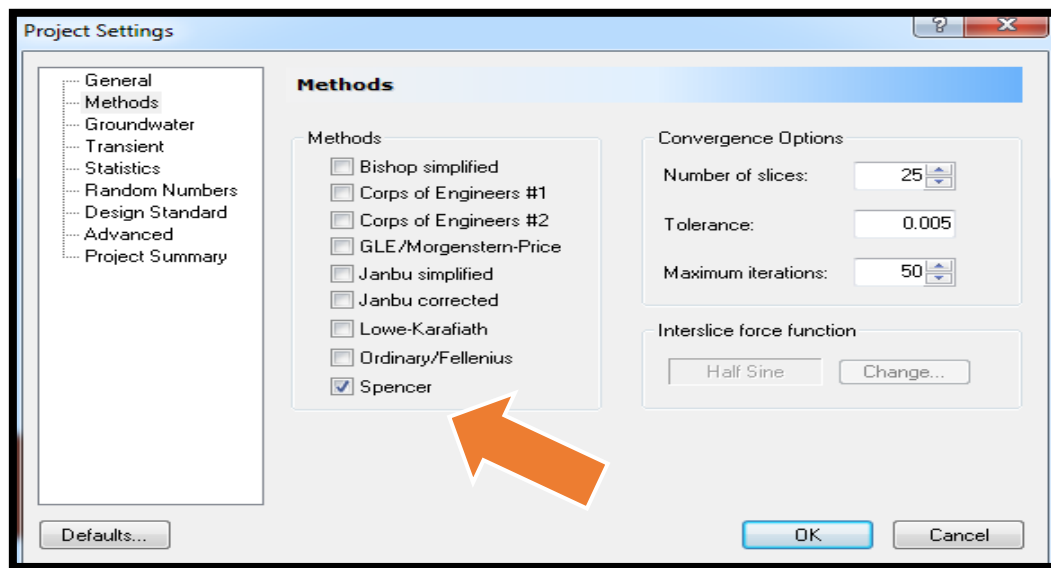


Figura 55. Spencer es el método elegido para el Talud a analizar

El tipo de Superficie es Circular por lo General para Suelos y el método es automático para que el programa dibuje diferentes superficies de falla.

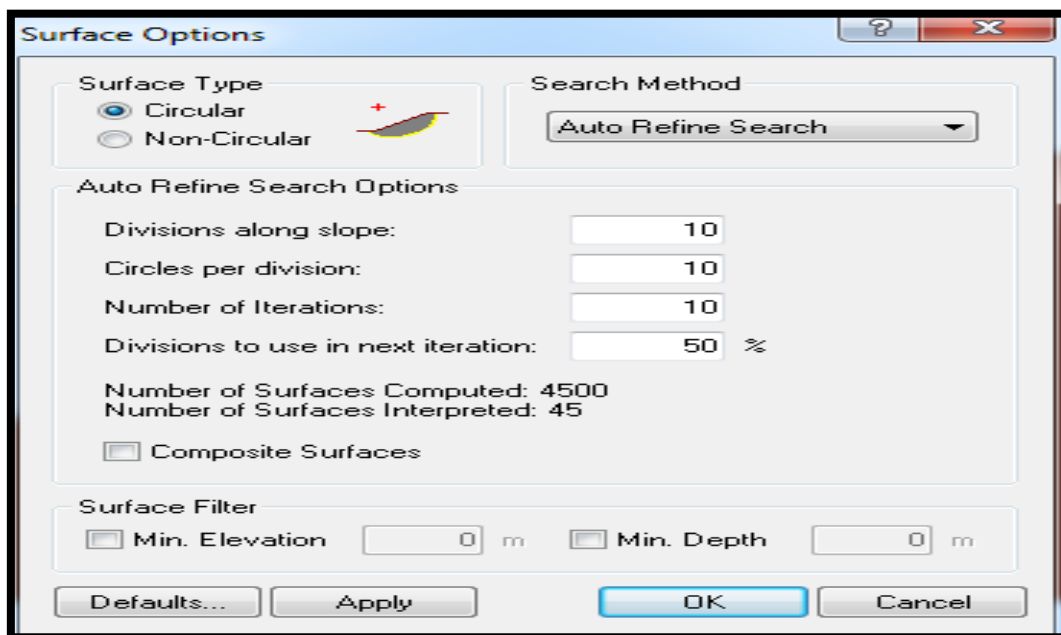


Figura 56. Tipo de superficie y método de dibujo de superficies de falla

El factor de Seguridad Global para el Talud sin ningún sistema de estabilización es:

$$F.S. \text{ GLOBAL} = 1.239 > 1.2 \text{ CUMPLE}$$

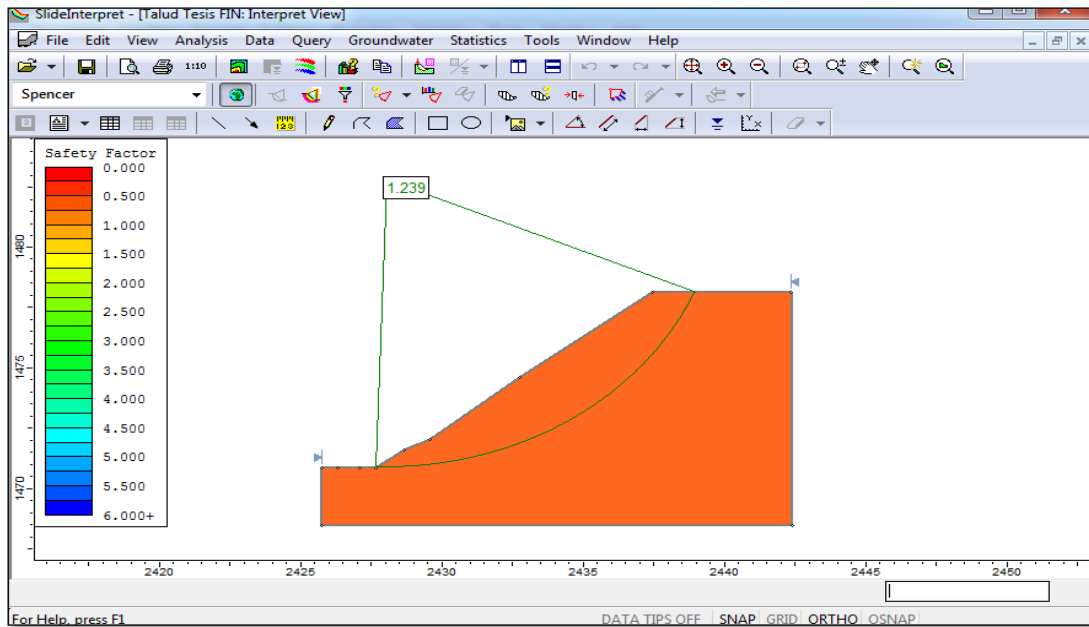


Figura 57. Factor de Seguridad Global para Talud

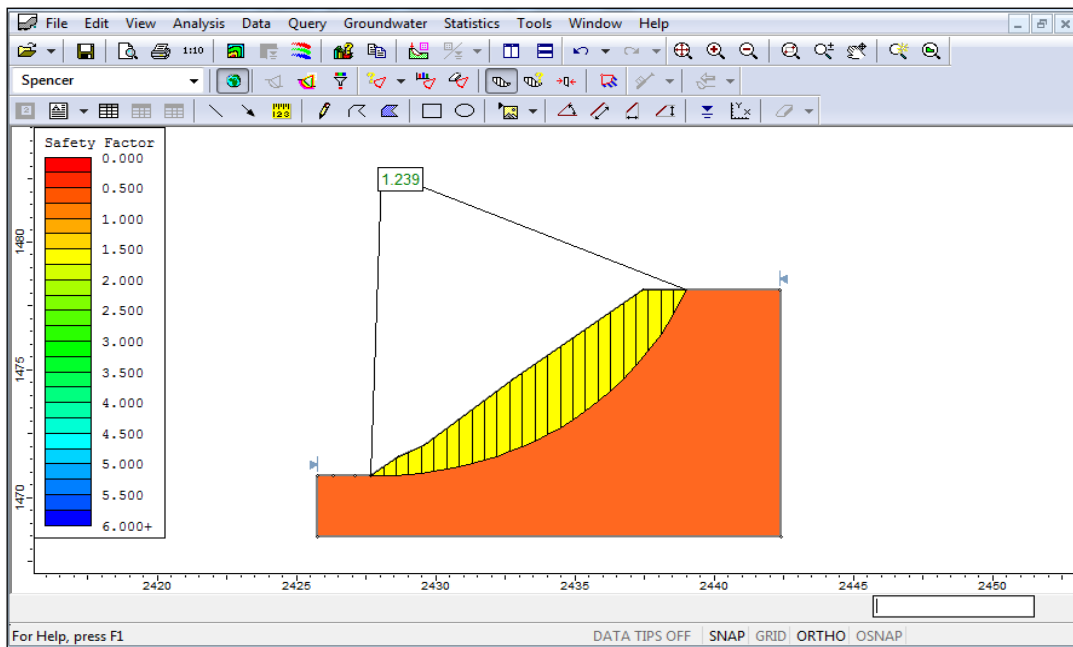


Figura 58. Superficie de falla dibujada con dovelas



El factor de Seguridad Global para el Sistema Gavión es:

$$\text{F.S GLOBAL} = 3.567 > 1.2 \text{ CUMPLE}$$

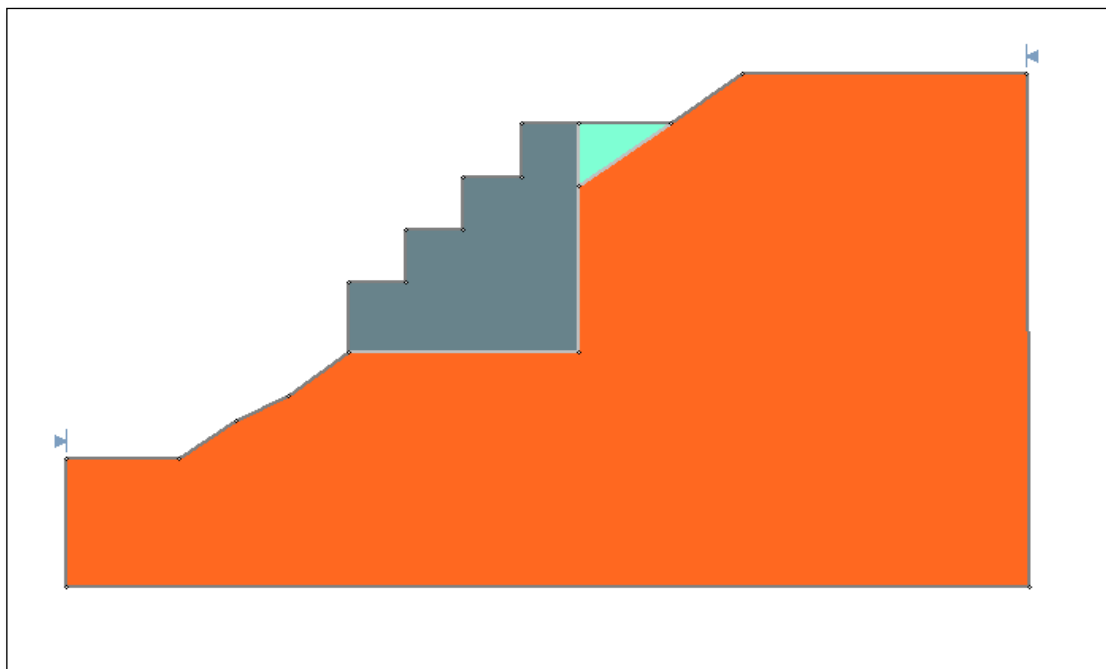


Figura 59. Asignación de propiedades en el Slide para Talud con Gavión

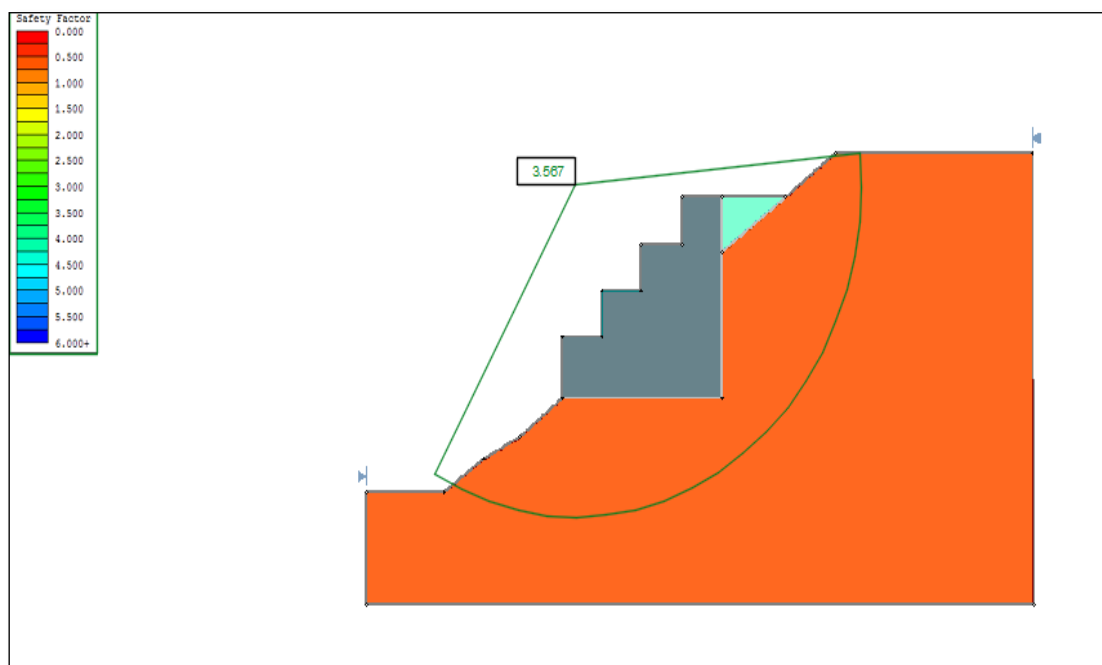


Figura 60. Factor de Seguridad Global para Talud con Sistema Gavión

El factor de Seguridad Global para el Sistema Erdox es:

$$\text{F.S GLOBAL} = 6.458 > 1.2 \text{ CUMPLE}$$

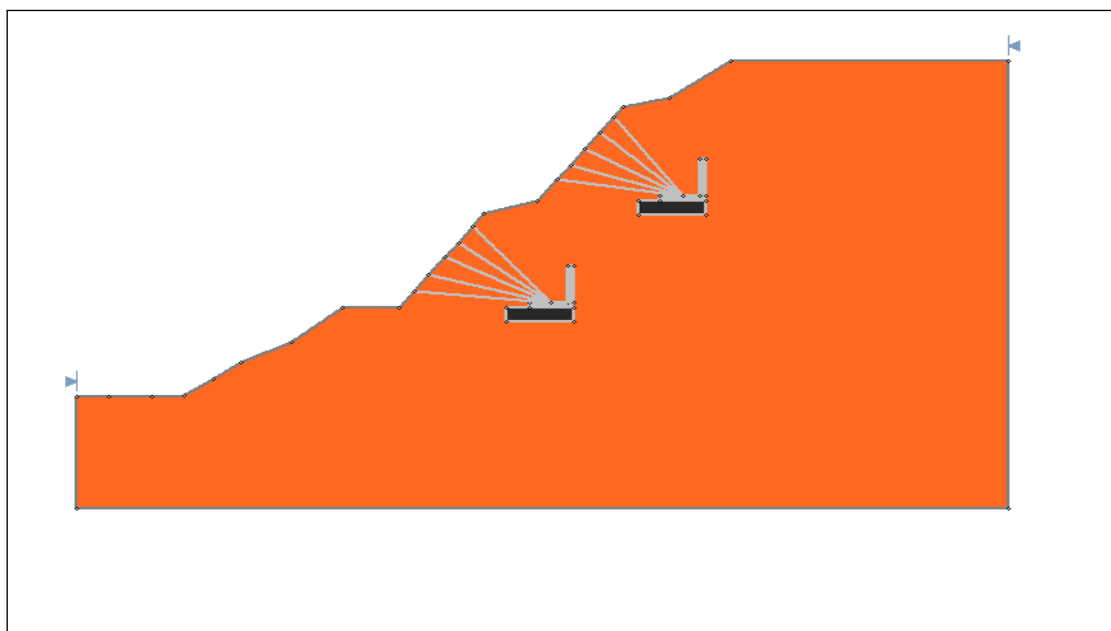


Figura 61. Asignación de propiedades en el Slide para Talud con Erdox

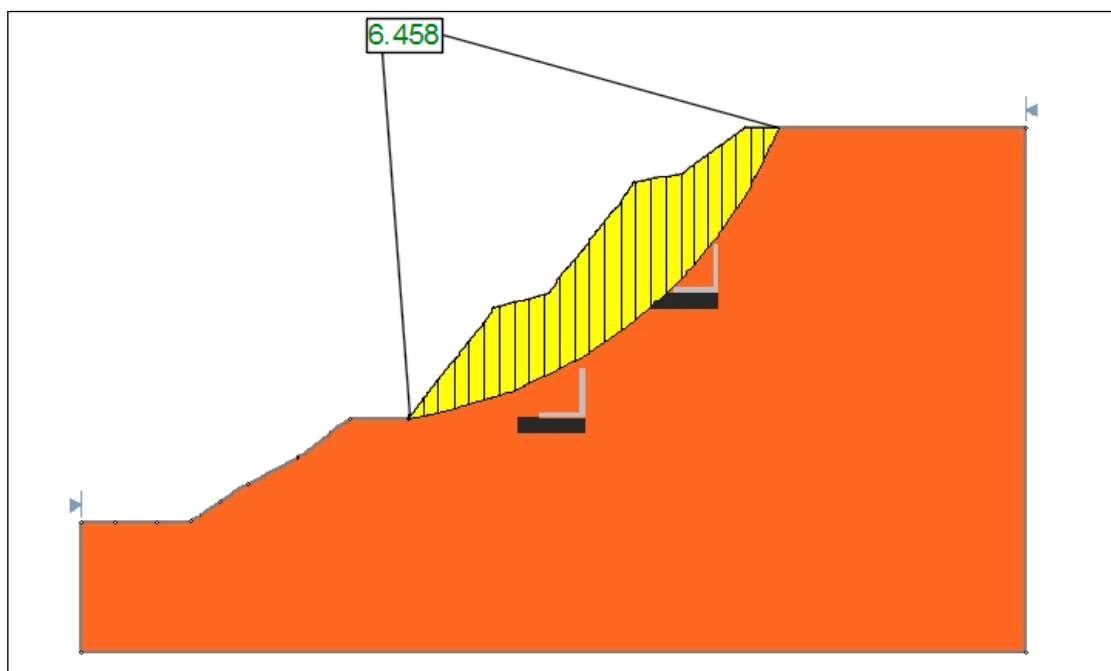


Figura 62. Superficie de Falla y Factor de Seguridad Global para Erdox

## h) Dimensionamiento y Diseño de Sistema Gavión y Erdox

Dimensiones de Gavión tipo caja y colchón para talud crítico

Dimensión Común del Bloque Gavión

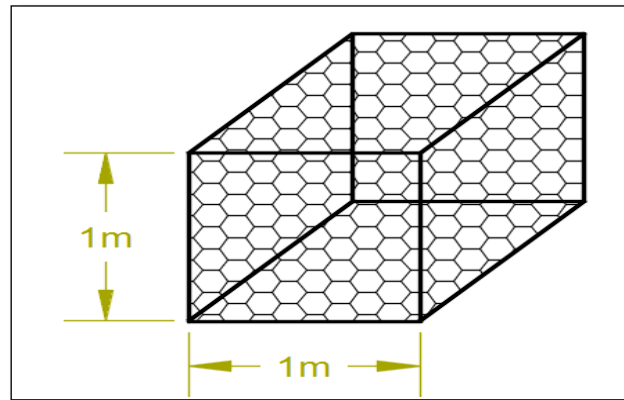


Figura 63. Caja Gavión

Dimensión de Gavión tipo colchón

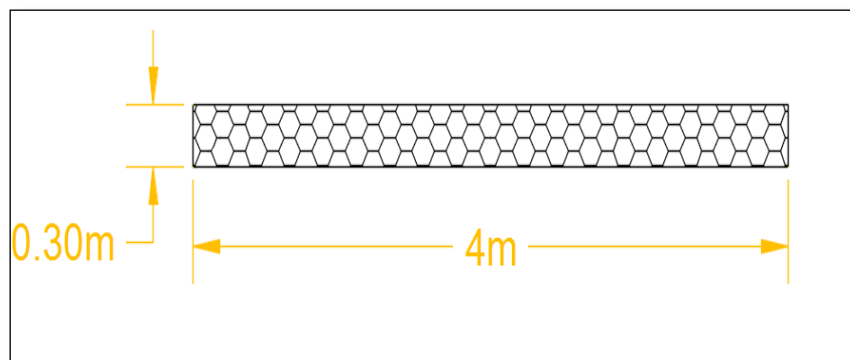


Figura 64. Tipo Colchón

### Vista en Sección transversal Sistema Gavión

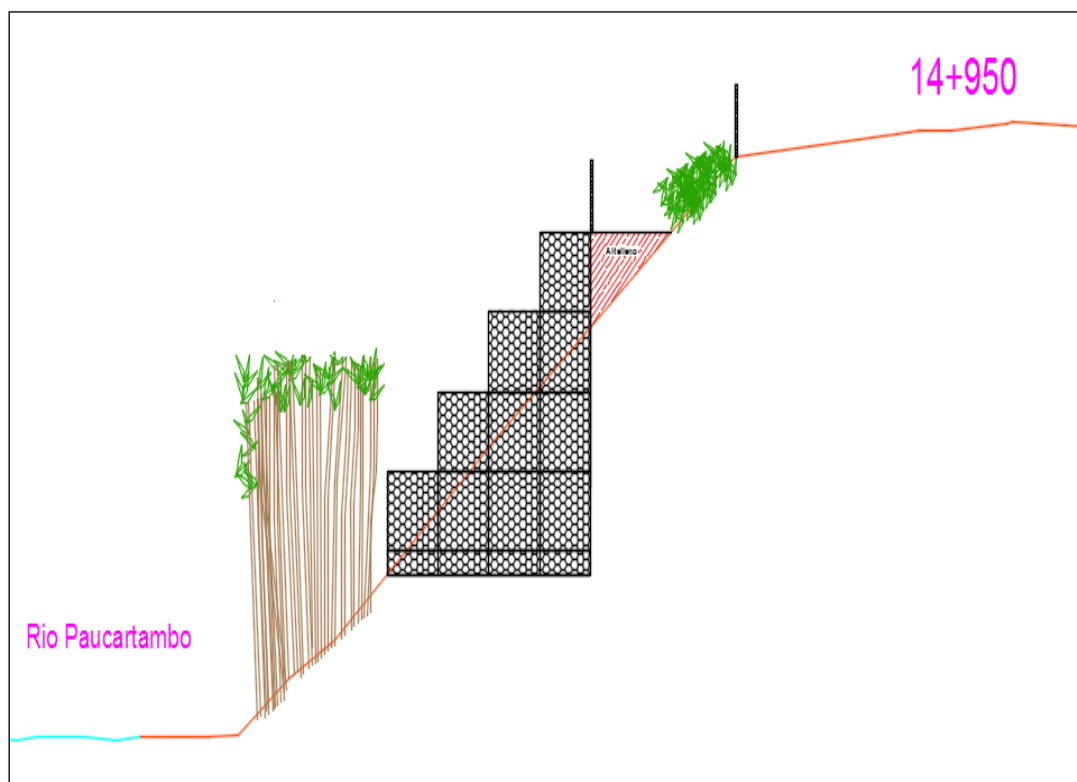


Figura 65. Sistema Gavión implementando Bambú para mitigar erosiones en el pie de talud

### Dimensiones de Sistema Erdox para talud crítico

Para el pre dimensionamiento se utilizó el Erdox Junior de dimensiones 2.50m x 2m con una placa prefabricada de 0.80mx 0.80 mx 0.10 m.

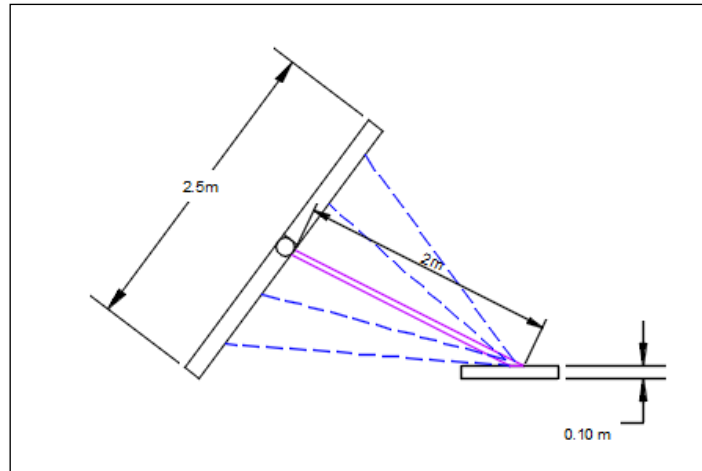


Figura 66. Sistema Erdox Junior

### Vista en Sección Transversal Sistema Erdox

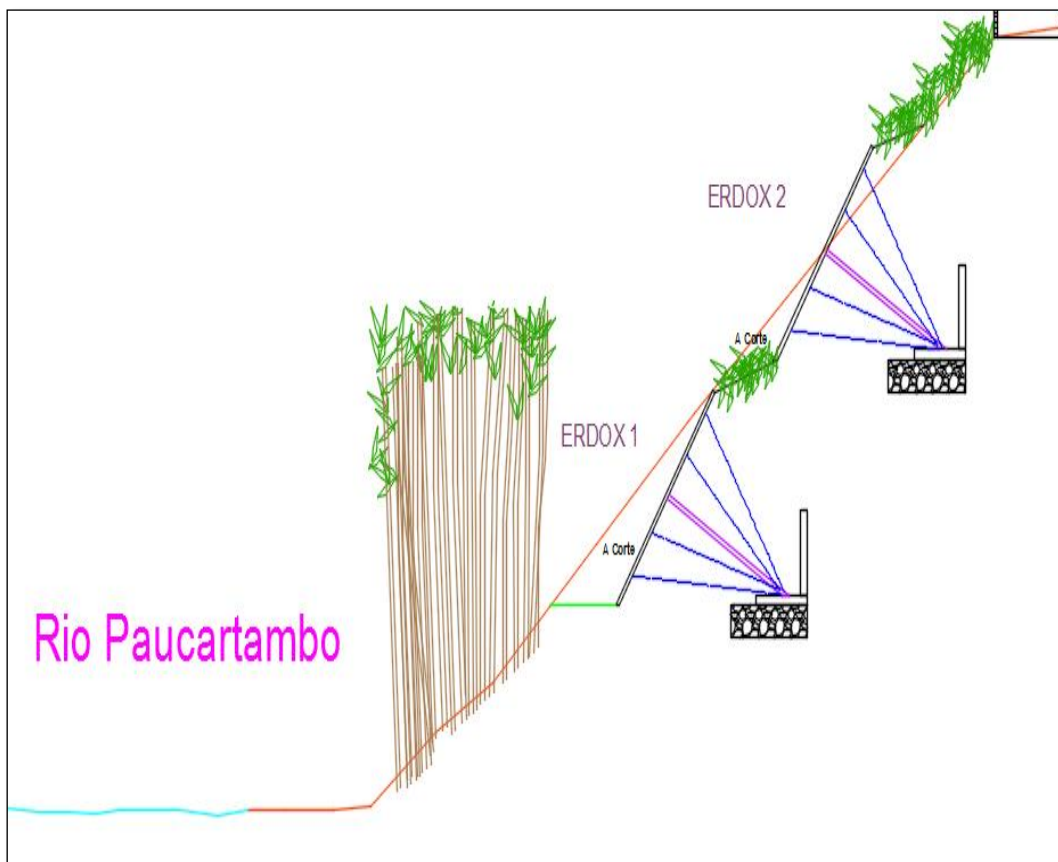


Figura 67. Sistema Erdox implementando Bambú para mitigar erosiones en el pie de talud

## Diseño de Muro de Gavión

Para realizar el diseño hay que tener en cuenta las dimensiones para un bloque de gavión y su totalidad en toda la sección de estudio.

### Bloque Gavión

Altura= 1m

Base= 1m

Longitud= 2m

### Gavión colchón antisocavante

Altura= 0.30m

Ancho= 2m

Longitud= 5m

### Gavión Total

Altura= 4.30m

Base= 4m

Longitud= 180 m

Según la mecánica de suelos y la piedra de canto los datos a utilizar para el gavión son los siguientes:

$$\text{Densidad Seca } (\rho) = 1.59 \text{ gr/cm}^3 = \frac{1.59 \text{ gr}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ gr}} * \frac{100 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Densidad Seca } (\rho) = 1590 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Humedad Natural } (w) = 12.03\%$$

$$\text{Peso Unitario Seco } (\gamma_d) = \rho * g$$

$$\text{Peso Unitario Seco } (\gamma_d) = \frac{9.81 * 1590}{1000} = 15.60 \text{ KN/m}^3$$

- Calculando el Peso Unitario Húmedo

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w)$$

$$\gamma = 15.60 * (1 + 12.03\%)$$

$$\gamma = 17.48 \text{ KN/m}^3$$

$\gamma$  piedra de relleno =  $2000 \text{ kg/m}^3$

Ángulo de fricción ( $\phi$ ) =  $23.89^\circ$

Cohesión ( $c$ ) =  $0.07 \text{ Kg/cm}^2 = 700 \text{ Kg/m}^2$

- Calculando el Empuje Activo

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{23.89^\circ}{2} \right)$$

$$K_a = 0.4235$$

El empuje activo actuante en el muro gavión es el siguiente:

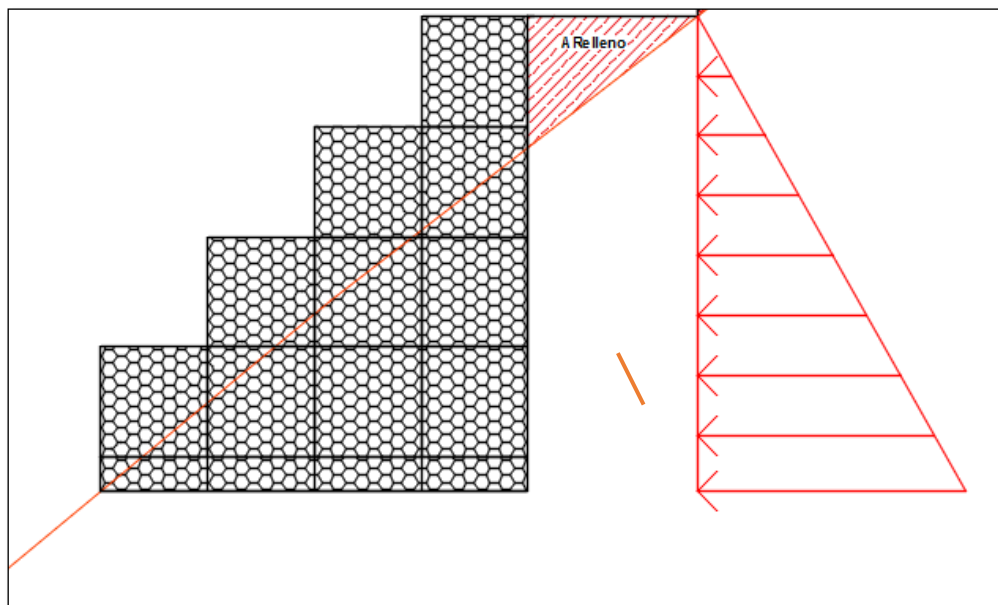


Figura 68. Distribución del Empuje Activo en el Gavión

$$Ea = \frac{1}{2} * \gamma \text{ suelo} * H^2 * Ka$$

$$Ea = \frac{1}{2} * 17.48 * 4.30^2 * 0.4235$$

$$Ea = 68.44 \text{ KN}$$

$$Ea = 68.44 \text{ KN} * \frac{1000\text{N}}{1\text{KN}} * \frac{1\text{Kg}}{9.81\text{N}}$$

$$Ea = 6976.55 \text{ Kg}$$

- Momento por volcamiento en el Muro Gavión

$$Mo = \left(\frac{H}{3}\right) * Ea$$

$$Mo = \left(\frac{4.30}{3}\right) * 6976.55$$

$$Mo = 9999.72 \text{ Kg. m}$$

Peso de Bloque Gavión

Se tiene que tratar de rellenar la mayor cantidad de canto rodado en este caso es el 80% y lo restante que es el 20 % corresponde a vacíos.

Número de Bloque Gavión= 10

$$\text{Volumen} = b * a * h$$

$$\text{Volumen} = 1 * 1 * 2$$

$$\text{Volumen} = 2\text{m}^3$$

$$W = \gamma \text{ canto rodado} * \text{Volumen} * 0.8$$

$$W = 2000 * 2 * 0.8$$

$$W = 3200 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{Total Gavión Caja}} = 3200 \text{ Kg} * 10$$



$$W_{\text{Total Gavión Caja}} = 32000 \text{ kg}$$

Peso de Gavión Colchón

Número de Gavión Colchón= 1

$$\text{Volumen} = 0.30 * 2 * 5$$

$$\text{Volumen} = 3m^3$$

$$W = \gamma \text{ canto rodado} * \text{Volumen} * 0.8$$

$$W = 2000 * 3 * 0.8$$

$$W = 4800 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{Total Gavión colchón}} = 4800 \text{ Kg} * 1$$

$$W_{\text{Total Gavión Colchón}} = 4800 \text{ kg}$$

- Cálculo de Cuña para Grava

$$WS1 = (A1 * 1) * \gamma \text{ grava}$$

$$WS1 = (0.95 m^2 * 1m) * 1700 \text{ Kg}/m^3$$

$$WS1 = 1615 \text{ Kg}$$

- Cálculo de Momento Estabilizante

$$Me = W_{\text{Gavión1 metro}} * bwt1 + W_{\text{Gavión2 metro}} * bwt2 + W_{\text{Gavión3 metro}} * bwt3 + \\ W_{\text{Gavión4 metro}} * bwt4 + W_{\text{gavión colchón}} * bwt5 + WS1 * bs1$$

$$Me = 12800 * 2 + 9600 * 2.5 + 6400 * 3 + 3200 * 3.5 + 4800 * 2 + 1615 * 4.53$$

$$Me = 96915.95 \text{ Kg.m}$$

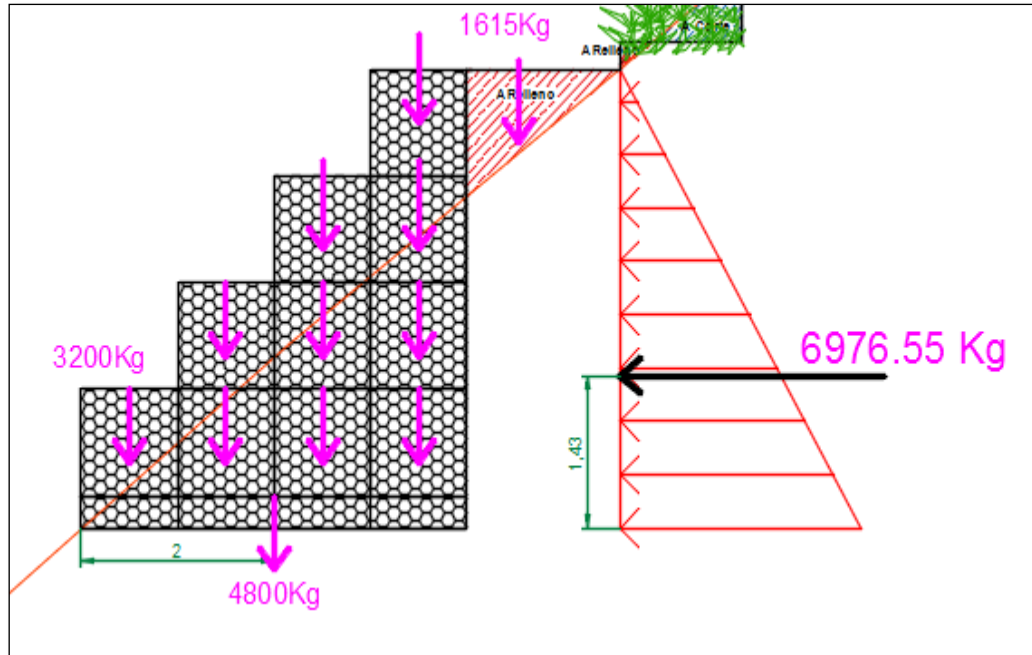


Figura 69. Ubicación de la Presión Activa, pesos de gavión y suelo de relleno

- Factor de Seguridad por Volcamiento

$$FSV = M_e / M_o = 96915.95 / 9999.72 = 9.69 > 2 \quad \text{CUMPLE}$$

- Factor de Seguridad al Deslizamiento

$$FSD = (\Sigma V * \tan(K1 * \phi)) / E_{ah}$$

$$FSD = (3200 * 10 + 4800 + 1615) * \tan(23.89^\circ) / 6976.55$$

$$FSD = 2.44 > 1.5 \quad \text{CUMPLE}$$

- Punto de Aplicación de la Normal

$$X = (M_e - M_o) / (W_T + W_{s1})$$

$$X = (96915.95 - 9999.72) / (38415)$$

$$X = 2.26 \text{ m}$$

- Cálculo de la Excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - X < \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{4}{2} - 2.26 < \frac{4}{6}$$

$$e = -0.26 < 0.67$$

- Cálculo de la Capacidad Portante

$$q_u = c * N_c + q * N_q + \frac{1}{2} \gamma_s * B * N_\gamma$$

$$\text{Cohesión (c)} = 0.07 \text{ Kg/cm}^2 = 700 \text{ Kg/m}^2$$

Para el ángulo de fricción ( $\phi$ ) de  $23.89^\circ$  los valores de  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$  son:

$$N_c = 23.36$$

$$N_q = 11.40$$

$$N_\gamma = 7.08$$

$$q = \gamma_s * D_f = 1781.86 \text{ Kg/m}^3 * 0.30 \text{ m} = 534.56 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_u = 700 * 23.36 + 534.56 * 11.40 + \frac{1}{2} * 1781.86 * 4 * 7.08$$

$$q_u = 47677.12 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

$$q_{adm} = 47677.12 / 3 = 15892.37 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.59 \text{ Kg/cm}^2$$

- Cálculo de Asentamiento

Para el Gavión Caja

$$\sigma_1 = \frac{(WT + Ws_1)}{A} \left(1 - \frac{(6e)}{B}\right)$$

$$\sigma_1 = \frac{(38415)}{4 * 2} \left(1 - \frac{(6 * -0.26)}{4}\right)$$

$$\sigma_1 = 6674.61 \quad \text{Kg/m}^2$$

$$\sigma_1 = 0.67 \text{ Kg/cm}^2 < 1.59 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{CUMPLE}$$

Para el Gavión Colchón

$$\sigma_1 = \frac{(38415)}{4 * 5} \left(1 - \frac{(6 - 0.26)}{4}\right)$$

$$\sigma_1 = 2669.84 \quad \text{Kg/m}^2$$

$$\sigma_1 = 0.27 \text{ Kg/cm}^2 < 1.59 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{CUMPLE}$$

## Diseño del Sistema Erdox 1

- Cálculo del Empuje Activo

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{23.89}{2} \right)$$

$$K_a = 0.4235$$

- Cálculo del Empuje ejercido al Sistema Erdox 1

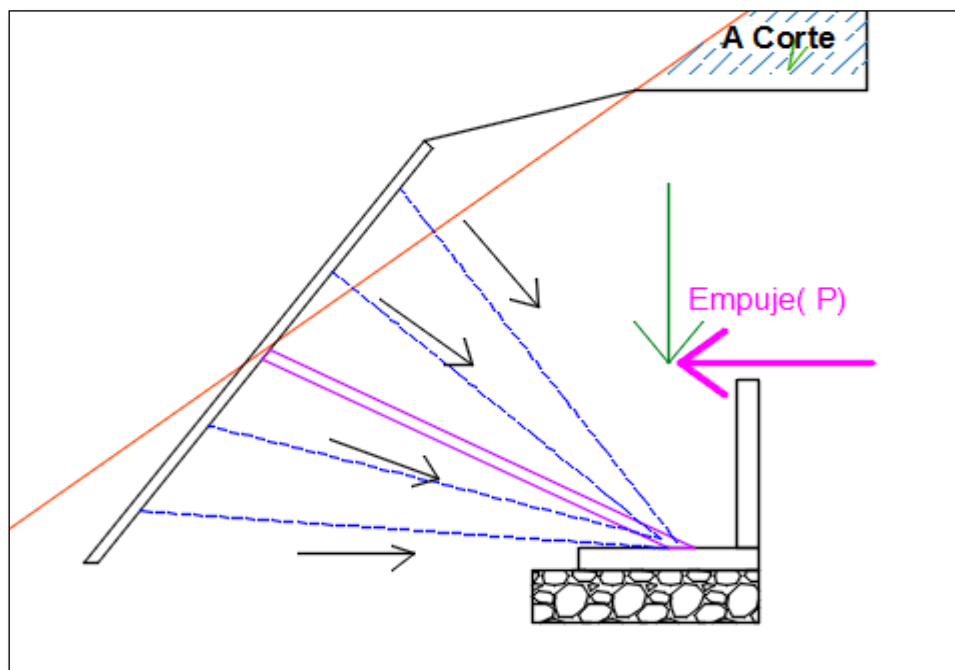


Figura 70. Empuje aplicado en el Panel del Sistema Erdox

$$P = \gamma_s * h * \frac{K_a}{2} + Q * K_a$$

$$P = 17.48 * 2 * \frac{0.4235}{2} + 1 * 0.4235$$

$$P = 35.60 \text{ KN}$$

$$P = 3628.95 \text{ Kg} = 3.63 \text{ Ton} > \mathbf{10 - 12 \text{ Ton CUMPLE}}$$

- Cálculo del Peso de Relleno 1 (mismo material excavado)

$$WS1 = (A1 * L) * \gamma \text{ suelo relleno}$$

$$WS1 = (1.60 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1781.86 \text{ Kg/m}^3$$

$$WS1 = 5701.95 \text{ Kg}$$

- Cálculo del Peso de Relleno 2 (mismo material excavado)

$$WS2 = (A2 * L) * \gamma \text{ suelo relleno}$$

$$WS2 = (1.28 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1781.86 \text{ Kg/m}^3$$

$$WS2 = 4561.56 \text{ Kg}$$

- Cálculo del Peso de Relleno 3 (mismo material excavado)

$$WS3 = (A3 * L) * \gamma \text{ suelo relleno}$$

$$WS3 = (1.50 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1781.86 \text{ Kg/m}^3$$

$$WS3 = 5345.58 \text{ Kg}$$

- Cálculo del Peso de la Placa de Anclaje 1

$$W_{\text{Placa 1}} = (A1 * L) * \gamma \text{ concreto}$$

$$W_{\text{Placa 1}} = (0.80 \text{ m}^2 * 0.80 \text{ m}) * 2400 \text{ Kg/m}^3$$

$$W_{\text{Placa 1}} = 1536 \text{ Kg}$$

- Cálculo del Peso de la Placa de Anclaje 2

$$W_{\text{Placa 2}} = (A2 * L) * \gamma \text{ concreto}$$

$$W_{\text{Placa 2}} = (0.80 \text{ m}^2 * 0.80 \text{ m}) * 2400 \text{ Kg/m}^3$$

$$W_{\text{Placa 2}} = 1536 \text{ Kg}$$

El Peso del sistema Erdox Junior es:  $W_{\text{Erdox}} = 120 \text{ Kg}$

- Momento por Volcamiento en el Sistema Erdox

$$M_o = b_t * E_a$$

$b_t$  = Distancia al Punto de Empuje

$$M_o = 1\text{m} * 3628.95 \text{ Kg}$$

$$M_o = 3628.95 \text{ kg}$$

- Cálculo de Momento Estabilizante (Sin considerar la cama de canto rodado de apoyo)

$$M_e = W_{s1} * b_{wt1} + W_{s2} * b_{wt2} + W_{s3} * b_{wt3} + W_{\text{Placa1}} * b_{wt4} + W_{\text{Placa2}} * b_{wt5} + W_{\text{Erdox}} * b_{wt6}$$

$$M_e = 5701.95 * 2.54 + 4561.56 * 1.82 + 5345.58 * 1 + 1536 * 2.54 + 1536 * 2.89 + 120 * 0.75$$

$$M_e = 36561.05 \text{ Kg}$$

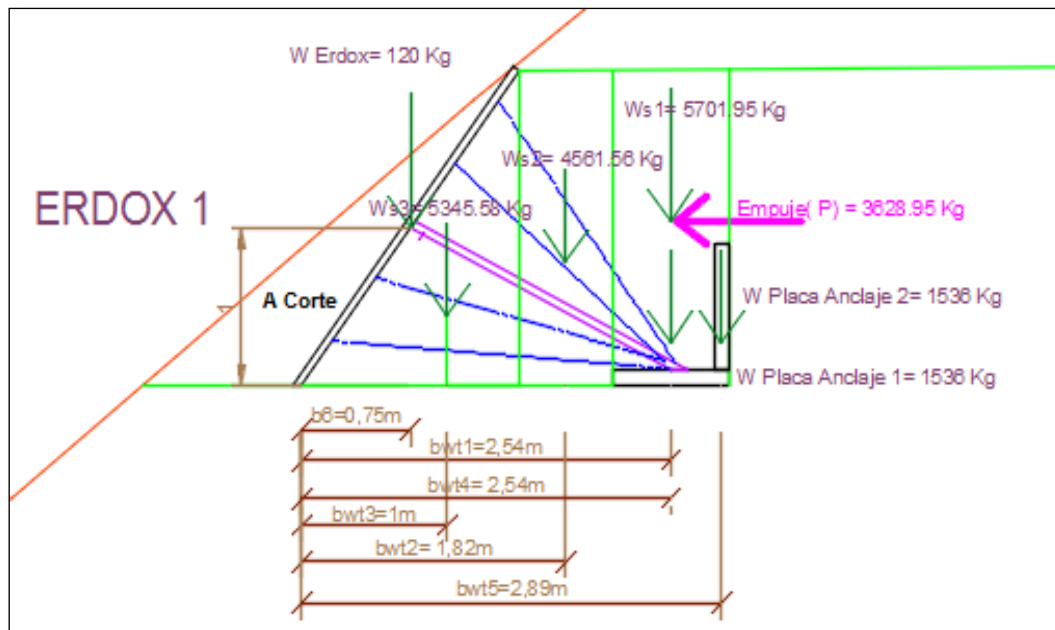


Figura 71. Fuerzas Resistentes y Fuerzas de Volcamiento en el Sistema Erdox

- Factor de Seguridad por Volcamiento

$$FSV = M_e / M_o = 36561.05 / 3628.95$$

$$FSV = 10.07 > 2 \quad \text{CUMPLE}$$

- Factor de Seguridad al Deslizamiento (Considerando la cama de canto rodado de apoyo)

Cálculo del Peso de la Cama de Canto Rodado para apoyo de Placa Anclaje

$$W_{\text{canto rodado}} = (A_2 * L) * \gamma_{\text{canto rodado}}$$

$$W_{\text{canto rodado}} = (0.36 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 2000 \text{ Kg/m}^3$$

$$W_{\text{canto rodado}} = 1440 \text{ Kg}$$

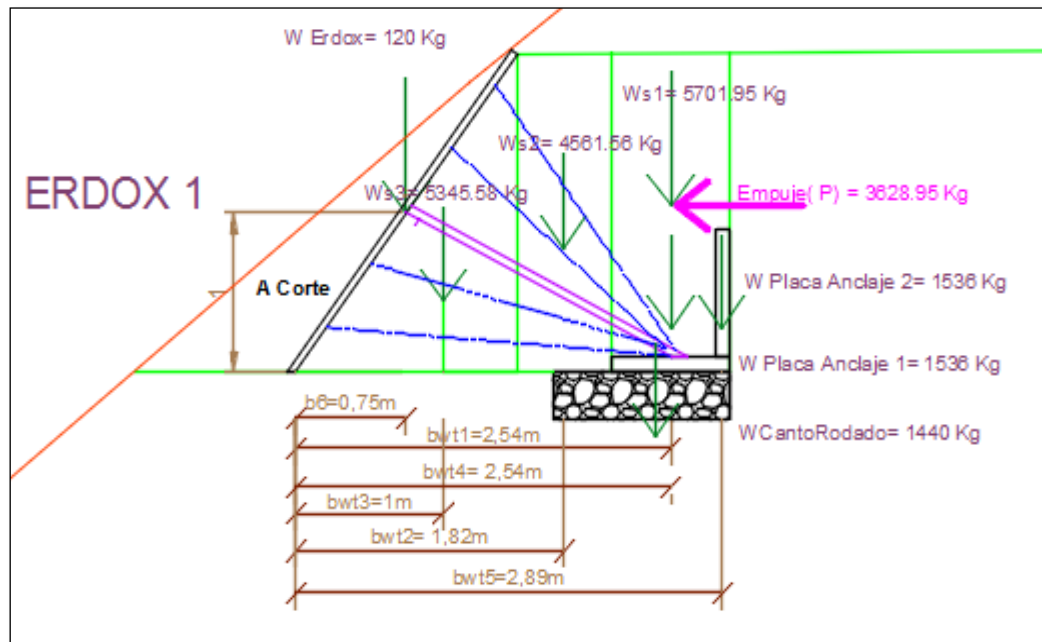


Figura 72. Fuerzas Verticales y Empuje Actuante

$$FSD = (\Sigma V * \tan(\phi)) / Eah$$

$$FSD = (1440 + 1536 + 1536 + 5701.95 + 4561.56 + 5345.58 + 120) * \tan(23.89^\circ) / 3628.95$$

$$FSD = 2.47 > 1.5 \quad \text{CUMPLE}$$



- Cálculo de la Capacidad Portante

$$q_u = c * N_c + q * N_q + \frac{1}{2} * \gamma_s * B * N_\gamma$$

$$\text{Cohesión (c)} = 0.07 \text{ Kg/cm}^2 = 700 \text{ Kg/m}^2$$

Para el ángulo de fricción ( $\phi$ ) de  $23.89^\circ$  los valores de  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$  son:

$$N_c = 23.36$$

$$N_q = 11.40$$

$$N_\gamma = 7.08$$

$$q = \gamma_s * D_f = 1781.86 \text{ Kg/m}^3 * 0.30 \text{ m} = 534.56 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_u = 700 * 23.36 + 534.56 * 11.40 + \frac{1}{2} * 1781.86 * 2.95 * 7.08$$

$$q_u = 41053.95 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

$$q_{adm} = 41053.95 / 3 = 13684.65 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.37 \text{ Kg/cm}^2$$

- Punto de Aplicación de la Normal

$$X = (M_e - M_o) / (W_{\text{erdox}} + W_{\text{relleno}} + W_{\text{placas}} + W_{\text{cantorodado}})$$

$$X = (36561.05 - 3628.95) / (20241.09)$$

$$X = 1.63 \text{ m}$$

- Cálculo de la Excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - X < \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{2.95}{2} - 1.63 < \frac{2.95}{6}$$

$$e = -0.16 < 0.49$$

- Cálculo de Asentamiento

Para Sistema Erdox 1

$$\sigma_1 = \frac{(W_{erdox} + W_{relleno} + W_{placas} + W_{cantorodado})}{A} \left(1 - \frac{(6e)}{B}\right)$$

$$\sigma_1 = \frac{(20241.09)}{2.95 * 2} \left(1 - \frac{(6 - 0.16)}{2.95}\right)$$

$$\sigma_1 = 4547.12 \quad \text{Kg/m}^2$$

$$\sigma_1 = 0.45 \text{ Kg/cm}^2 < 1.37 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{CUMPLE}$$

## i) Costos de Ejecución para Sistema Gavión y Erdox

### Sistema Gavión

APU (Análisis de Precios Unitarios)

1.01		Topografía y Georeferenciación					
Km/dia	MO.	0.6000	EQ.	0.6000	Costo unitario directo por : Km		1,938.96
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Mano de Obra							Parcial S/.
Topógrafo				hh	1.0000	13.3333	21.79
Peón				hh	6.0000	80.0000	16.39
Nivelador				hh	1.0000	13.3333	16.76
							1,825.20
Materiales							
Clavos				Kg		0.2658	4.00
Madera Pino				p2		2.0000	4.81
Pintura Esmalte sintético				gal		0.2511	36.97
							19.97
Equipos							
Herramientas Manuales				%mo		5.0000	1,825.20
Nivel Topográfico				hm	1.0000	13.3333	7.00
Estación Total				hm	1.0000	13.3333	12.00
							93.79

2.01		Corte de Material de Talud					
m3/DIA	MO.	460.0000	EQ.	460.0000	Costo unitario directo por : m3		2.48
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Mano de Obra							Parcial S/.
Capataz				hh	0.1000	0.0017	23.87
							0.04
Equipos							
Herramientas Manuales				%mo		5.0000	0.04
Excavadora				hm	1	0.0174	140
							2.44

2.02		Conformación de Terraplén con material de grava					
m3/DIA	MO.	4.0000	EQ.	4.0000	Costo unitario directo por : m3		56.56
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Parcial S/.
Mano de Obra							
Peón				hh	4.0000	8.0000	131.12
							131.12
Materiales							
Grava de 3/4"				m3		1.0000	50.00
							50.00
Equipos							
Herramientas Manuales				%mo		5.0000	6.56
							6.56

3.01		Gaviones Tipo Caja					
m3/DIA	MO.	20.0000	EQ.	20.0000	Costo unitario directo por : m3		124.93
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Parcial S/.
Mano de Obra							
Capataz				hh	0.1000	0.0400	0.95
Oficial				hh	1.0000	0.4000	7.26
Peón				hh	6.0000	2.4000	39.34
							47.55
Materiales							
Gavión Tipo Caja 1mx1mx 2m				unid		1.0000	75.00
							75.00
Equipos							
Herramientas Manuales				%mo		5.0000	2.38
							2.38

3.02		Gaviones Tipo Colchón H= 0.30m					
m3/DIA	MO.	35.0000	EQ.	35.0000	Costo unitario directo por : m3		63.53
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Parcial S/.
Mano de Obra							
Capataz				hh	0.1000	0.0229	0.55
Oficial				hh	1.0000	0.2286	4.15
Peón				hh	6.0000	1.3714	22.48
							27.17
Materiales							
Gavión tipo colchón 0.30mx2mx5m				unid		1.0000	35.00
							35.00
Equipos							
Herramientas Manuales				%mo		5.0000	1.36
							1.36

3.03	Relleno para Gavión Caja				
Piedra para relleno Gavión tipo Caja > 15cm	m3		1.0000	50.00	50.00
					50.00

3.04	Relleno para Gavión Colchón				
Piedra para relleno Gavión tipo Colchón > 15cm	m3		1.0000	50.00	50.00
					50.00

4.01		Transporte de Material Canto Rodado a más de 1Km						
m3.km/día	MO.	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : m3.Km			1.76
	H.M	0.0065						
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Camión Volquete de 15m3				hm	1.0000	0.0065	270.00	1.76

4.02		Transporte de Material Grava a más de 1Km						
m3.Km/día	MO.	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : m3.Km			1.73
	H.M	0.0065						
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Camión Volquete de 15m3				hm	1.0000	0.0065	265.60	1.73

SISTEMA GAVIÓN					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U	MONTO (S/)
1.00	Obras Provisionales				
1.01	Topografía y Georeferenciación	Km	0.18	1938.96	349.01
2.00	Movimiento de Tierras				
2.01	Corte de Material Talud	m3	3298.90	2.48	8181.27
2.02	Conformación de terraplenes con material grava	m3	169.2	56.56	9569.95
3.00	Obras de Arte y Revegetación				
3.01	Gavión Tipo Caja	m3	180	124.93	22487.4
3.02	Gavión Tipo Colchón	m3	108	63.53	6861.24
3.03	Relleno para Gavión Tipo Caja	m3	180	50	9000
3.04	Relleno para Gavión Tipo Colchón	m3	108	50	5400
3.05	Vegetación y Bambú	unid	120	12	1440
4.00	Transportes				
4.01	Transporte de Material Canto Rodado a más de 1Km	m3.Km	288	1.76	506.88
4.02	Transporte de Material Grava a más de 1Km	m3.Km	169.2	1.73	292.72
		COSTO DIRECTO		TOTAL	64088.47

## Sistema Erdox

APU (Análisis de Precios Unitarios)

1.01		Topografía y Georeferenciación						
Km/día	MO.	0.6000	EQ.	0.6000	Costo unitario directo por : Km		1,938.96	
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
Topógrafo				hh	1.0000	13.3333	21.79	290.53
Peón				hh	6.0000	80.0000	16.39	1,311.20
Nivelador				hh	1.0000	13.3333	16.76	223.47
								1,825.20
Materiales								
Clavos				Kg		0.2658	4.00	1.06
Madera Pino				p2		2.0000	4.81	9.62
Pintura Esmalte sintético				gal		0.2511	36.97	9.28
								19.97
Equipos								
Herramientas Manuales				%mo		5.0000	1,825.20	91.26
Nivel Topográfico				hm	1.0000	13.3333	7.00	0.93
Estación Total				hm	1.0000	13.3333	12.00	1.60
								93.79

2.01		Corte de Material de Talud						
m3/DIA	MO.	460.0000	EQ.	460.0000	Costo unitario directo por : m3		2.48	
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
Capataz				hh	0.1000	0.0017	23.87	0.04
								0.04
Equipos								
Herramientas Manuales				%mo		5.0000	0.04	0.00
Excavadora				hm	1	0.0174	140	2.43
								2.44

3.01		Elemento Erdox incluye placa apoyo y transporte						
unid/día	MO.		EQ.		Costo unitario directo por : unid		257.38	
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subcontratos								
Elemento Erdox y Placa de apoyo y Transporte				unid		1.0000	257.38	257.38

3.02		Relleno para Erdox con material Propio y Grava					
m3/día	MO.	870.0000	EQ.	870.0000	Costo unitario directo por : m3		1.31
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/. Parcial S/.
Mano de Obra							
Capataz				hh	0.1000	0.0009	23.87 0.02
							0.02
Equipos							
Herramientas Manuales				%mo		5.0000	0.02 0.00
Excavadora				hm	1	0.0092	140 1.29
							1.29

4.01		Transporte de Material Grava a más de 1Km					
m3.Km/día	MO.	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : m3.Km		1.73
	H.M	0.0065					
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/. Parcial S/.
Camión Volquete de 15m3				hm	1.0000	0.0065	265.60 1.73

SISTEMA ERDOX					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U	MONTO (\$/)
1.00	Obras Provisionales				
1.01	Topografía y Georeferenciación	Km	0.18	1938.96	349.01
2.00	Movimiento de Tierras				
2.01	Corte de Material de Talud	m3	2923.11	2.48	7249.31
3.00	Obras de Arte y Revegetación				
3.01	Elemento Erdox ( Incluye placa de apoyo y transporte)	unid	180	257.38	46328.4
3.02	Relleno para Erdox con material propio y Grava	m3	2077.20	1.31	2721.13
3.03	Vegetación y Bambú	unid	120	12	1440
4.00	Transportes				
4.01	Transporte de Material Grava a más de 1Km	m3.Km	270	1.73	467.1
		COSTO DIRECTO		TOTAL	58554.96

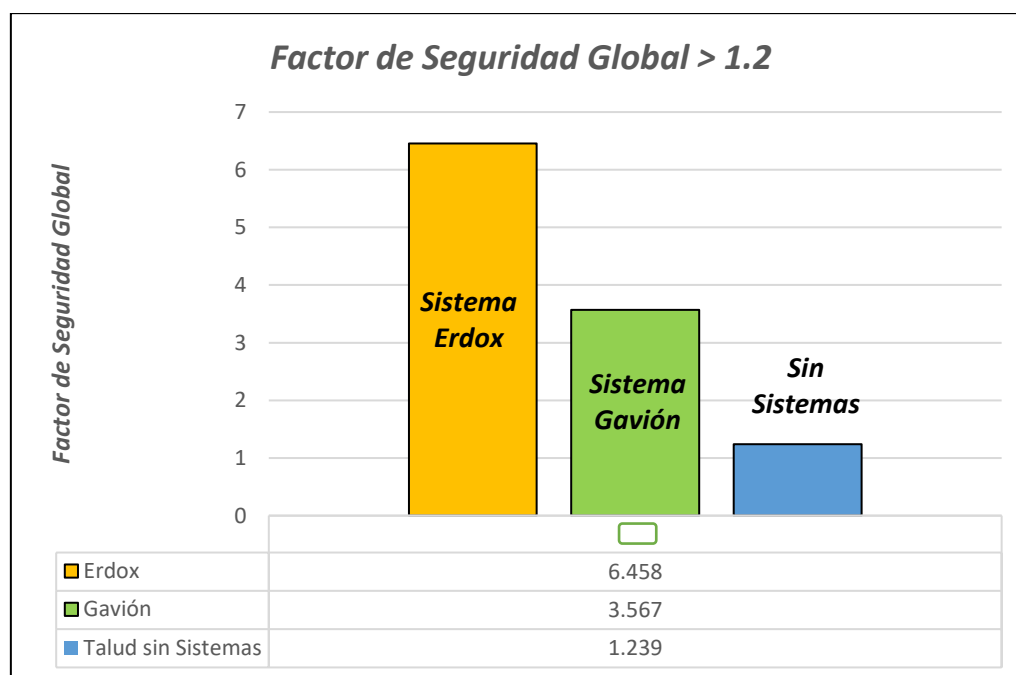
### 3.2. RESULTADOS

**Indicador:** Factor de Seguridad Global (F.S.Global > 1.2)

**Tabla 13.** Estabilidad Global

TALUD SIN SISTEMAS	SISTEMA GAVIÓN	SISTEMA ERDOX	FACTOR DE SEGURIDAD GLOBAL
1.239	3.567	6.458	>1.2
3.15%	66.36%	81.42%	Respecto al factor límite

Fuente Elaboración Propia



**Figura 73.** Factores de Seguridad Global para Talud sin sistemas, Gavión y Erdox

**Interpretación:** El Factor de Seguridad Global del Talud sin ningún sistema fue 3.15 % con respecto al límite de 1.2, incorporando un Sistema Gavión aumentó en 66.36% y utilizando un Sistema Erdox se incrementó a 81.42% del límite. Esto quiere decir que el Erdox tiene más seguridad a nivel global del Talud que se estabiliza.



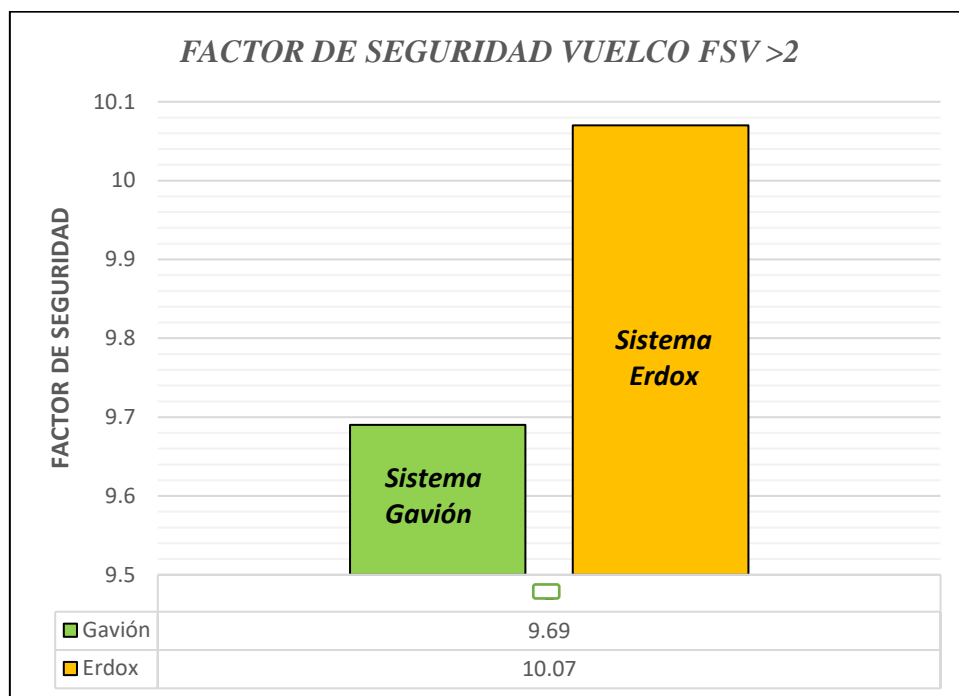
**Indicador:** Factores de Seguridad Locales (FSV >2)

**Dimensión:** Estabilidad Local

**Tabla 14.** Estabilidad local- Vuelco

SISTEMA GAVIÓN	SISTEMA ERDOX	FACTOR DE SEGURIDAD VUELCO
9.69	10.07	>2
79.36%	80.14%	Respecto al factor límite

Fuente Elaboración Propia



**Figura 74.** Factores de seguridad por vuelco de Gavión y Erdox

**Interpretación:** El factor de seguridad por Vuelco para un sistema Gavión incrementó a 79.36% y utilizando un Sistema Erdox se incrementa a 80.14% con respecto al límite de vuelco que es 2. Esto quiere decir que el Erdox tiene mayor seguridad al Vuelco.

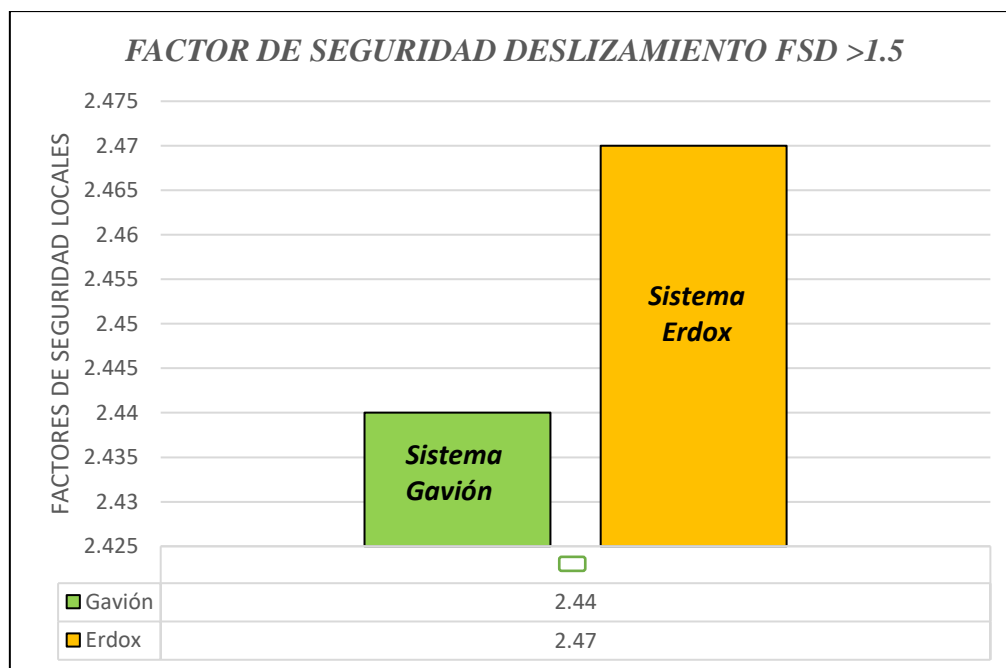
**Indicador:** Factores de Seguridad Locales (FSD >1.5)

**Dimensión:** Estabilidad Local

**Tabla 15.** Estabilidad Local- Deslizamiento

SISTEMA GAVIÓN	SISTEMA ERDOX	FACTOR DE SEGURIDAD DESLIZAMIENTO
2.44	2.47	>1.5
38.52%	39.27%	Respecto al factor límite

Fuente Elaboración Propia



**Figura 75.** Factores de Seguridad Deslizamiento para Gavión y Erdox

**Interpretación:** El factor de seguridad al deslizamiento para un Sistema Gavión incrementó en un 38.52 % y utilizando un Sistema Erdox aumentó a 39.27 % con respecto al límite de vuelco que es 1.5. Esto quiere decir que el Erdox presenta mayor seguridad al deslizamiento.

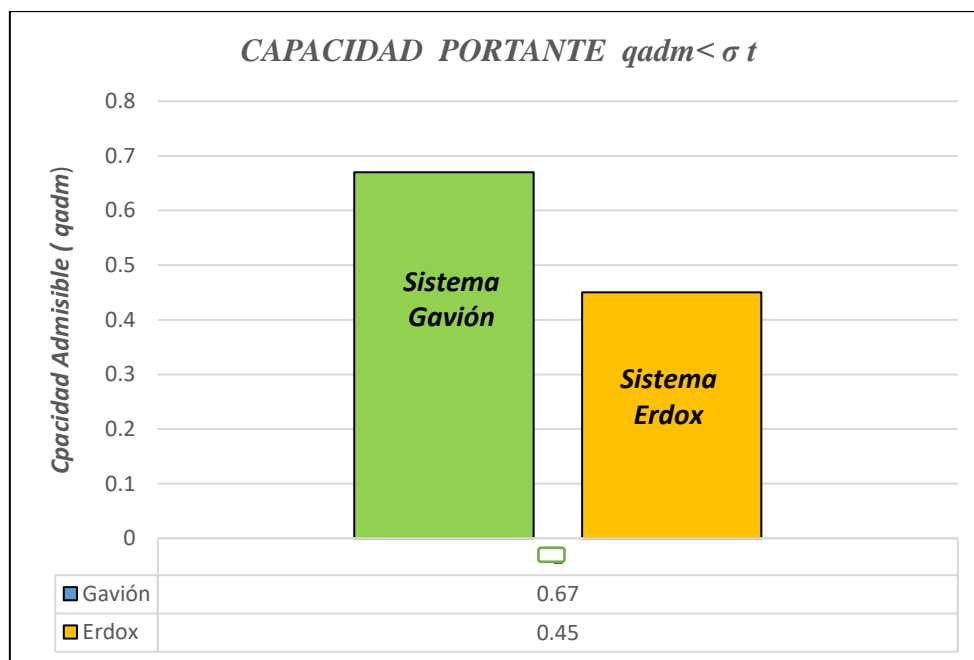
**Indicador:** Factores de Seguridad Locales ( $q_{\text{máx}} < \sigma_t$ )

**Dimensión:** Estabilidad Local

**Tabla 16.** Estabilidad Local- Capacidad Portante

SISTEMA GAVIÓN	SISTEMA ERDOX	CAPACIDAD PORTANTE
0.67	0.45	$< \sigma_t$ ( 1.59 Kg/cm <sup>2</sup> )
57.86%	71.70%	Respecto a la capacidad portante límite

Fuente Elaboración Propia



**Figura 76.** Capacidad Portante para Gavión y Erdox

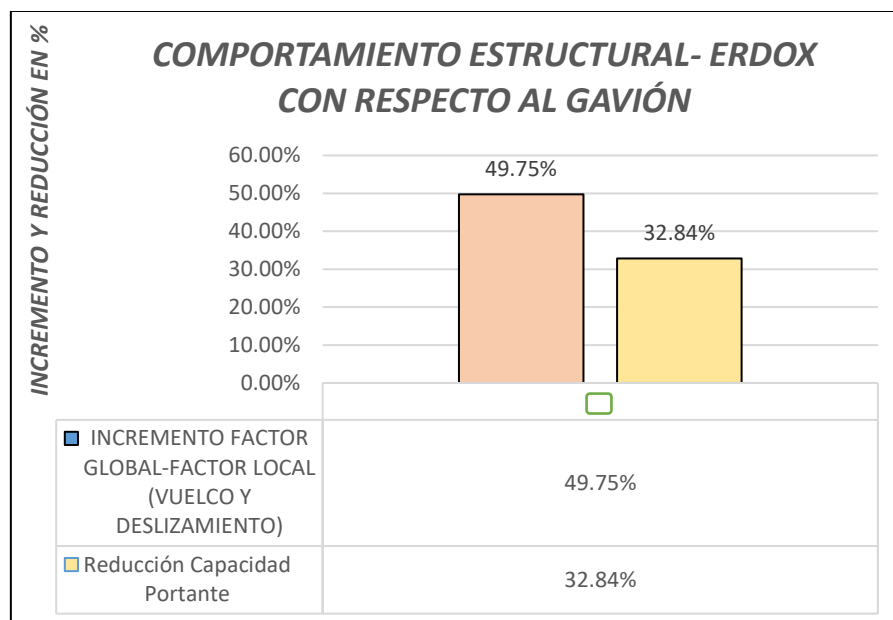
**Interpretación:** La capacidad portante para un Sistema Gavión disminuyó en 57.86% y utilizando un Sistema Erdox redujo a 71.70% con respecto a la capacidad portante del terreno. Esto quiere decir que aplicando el Erdox sobrecargas menos al terreno que se ejecutará y presentando menos asentamiento durante la vida útil.

## Variable Dependiente 1: Comportamiento Estructural

**Tabla 17.** Resumen de resultados- Sistema Gavión y Sistema Erdox

SISTEMA GAVIÓN	SISTEMA ERDOX	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL		INCREMENTO Y REDUCCIÓN EN % DEL ERDOX CON RESPECTO AL GAVIÓN	Incremento
3.567	6.458	FACTOR DE SEGURIDAD GLOBAL	ESTABILIDAD GLOBAL	44.77%	49.75%
9.69	10.07	FACTOR DE SEGURIDAD VUELCO	ESTABILIDAD LOCAL	3.77%	
2.44	2.47	FACTOR DE SEGURIDAD DESLIZAMIENTO		1.21%	
0.67 Kg/cm <sup>2</sup>	0.45 Kg/cm <sup>2</sup>	CAPACIDAD PORTANTE		32.84%	
					Reducción

Fuente Elaboración Propia



*Figura 77.* Incremento y Reducción en % del Erdox con respecto al Gavión

**Interpretación:** Empleando el Sistema Erdox se incrementa la estabilidad global y estabilidad local (en vuelco y deslizamiento) en un 49.75% respecto a un Sistema Gavión. En lo que

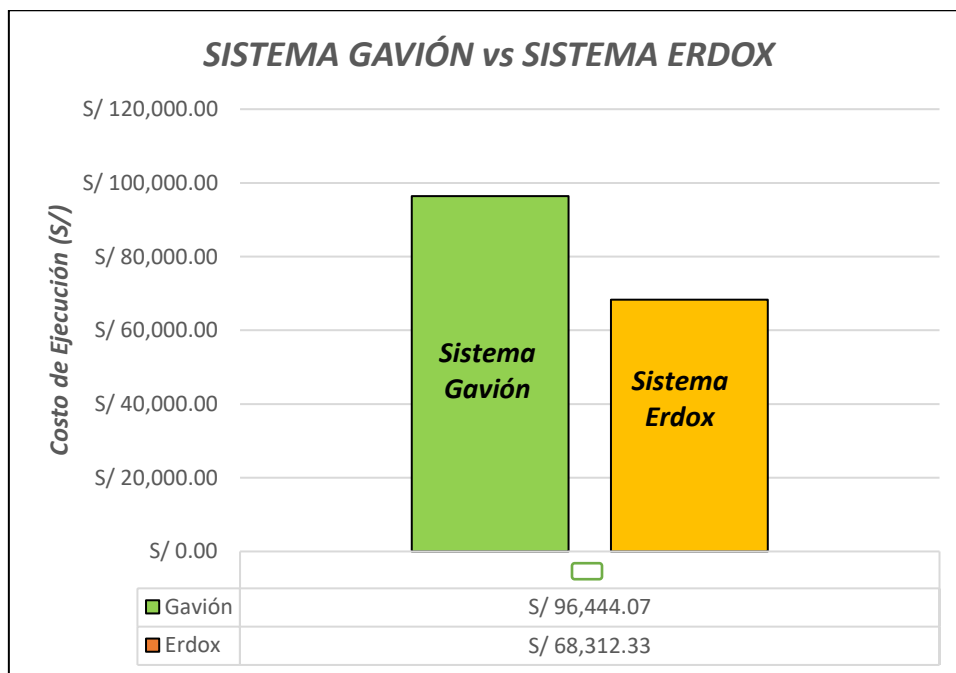
respecta a la capacidad portante la reducción del Erdox con respecto al Gavión es de 32.84% con lo cual se evidencia menor sobrecargas al terreno.

**Indicador:** Costo Global de los Sistemas Soles (S/)

**Tabla 18.** *Costos de Ejecución*

SISTEMA GAVIÓN	SISTEMA ERDOX
S/ 64,088.47	S/ 58,554.96
100%	91.37%
Economiza 8.63 % ejecutando con Erdox	

Fuente Elaboración Propia



*Figura 78.* Comparación de Costos de Ejecución para Gavión y Erdox

**Interpretación:** Utilizando un Sistema Erdox se economiza en un 8.63% que es igual S/ 5533.51 en costos de ejecución en estabilizar 180m con respecto al Sistema Gavión.

## **IV. DISCUSIÓN**

1. Según (García Joseph, 2017) especifica que la falla al pie del talud se genera en taludes de pendiente y ángulo de fricción considerable es por ello que todo cubre al pie del talud con un factor de seguridad global mayor a 1.2. En el presente estudio con un ángulo de talud de  $37^\circ$  y ángulo de fricción de  $23.89^\circ$  la superficie de falla generada va con mayor concentración en el pie del talud cuando se analiza a nivel global resultando un factor de seguridad global para el Sistema Erdox de 6.458 y para el Sistema Gavión de 3.567. Es similar porque ambos resultados ya sea del Sistema Erdox y Gavión se encuentran por encima del rango crítico de falla a nivel global.
2. Según (García Jhonathan, 2017) afirma que un talud es estable cuando cumple a nivel local el factor de seguridad a vuelco superior a 2. Según los cálculos realizados para el Sistema Erdox el factor a vuelco fue 10.07 y para el Gavión fue 9.69. Es similar porque ambos superan considerablemente el factor de seguridad límite y también sin nivel freático que altera su comportamiento a vuelco en ambos taludes.
3. Según (Luján José, 2017) indica que el factor de seguridad contra deslizamientos en terrenos de baja cohesión debe ser por lo menos de 1.5 y utilizando el sistema gavión se debe incrementar el factor al deslizamiento. En el presente estudio la cohesión para el talud fue 0,07 Kg/cm<sup>2</sup> lo cual representa una baja cohesión y estabilizando con un sistema gavión el factor de deslizamiento fue 2.44. Es similar porque la propiedad resistente del talud que es la cohesión es baja siendo uno de los parámetros principales en el análisis a deslizamiento.
4. Según (Valiente Ricardo, Sobrecases, Salvador y Díaz Aníbal, 2015) especifican que la fuerza desestabilizadora más importante es el peso de la masa deslizante y peso de la estructura a emplear en este caso debe ser menor a la capacidad portante del terreno. Según los cálculos realizados la capacidad portante del terreno fue 1.59 Kg/cm<sup>2</sup>, empleando el Sistema Gavión fue 0.67 Kg/cm<sup>2</sup> y utilizando el Sistema Erdox resulta 0.45 Kg/cm<sup>2</sup>. Es similar porque la capacidad portante del Gavión y del Sistema Erdox son menores a la capacidad portante del terreno por lo cual cumple con la verificación por asentamiento.

5. Según (Luján José, 2017) afirma que el sistema gavión es más económico comparado con otros sistemas de estabilización. Se demostró que empleando el Sistema Erdox se economiza 8.63 % en costos de ejecución con respecto al Sistema Gavión. Es diferente porque la ventaja principal se basó en los materiales de relleno de cantera ya que no era necesario en el Sistema Erdox sino material de relleno propio del talud.
6. Según (Urteaga César, 2017) afirma que utilizando el Sistema Erdox resulta más económico que emplear un Sistema Gavión. En el presente presupuesto elaborado para ambos sistemas en costos de ejecución se evidencia una considerable diferencia de ahorro de S/ 5533.51 utilizando el Sistema Erdox con respecto al Gavión. Es similar porque ambas comparaciones de costos se realizaron a nivel de ejecución siendo el Erdox el sistema más económico para estabilizar el talud crítico.



## **V. CONCLUSIONES**

1. Se determinó que en el margen derecho tanto el Sistema Gavión y el Sistema Erdox mejoran el comportamiento estructural en el Km.14 Puente Capelo-Chanchamayo. Sin embargo, el Erdox presenta mejor comportamiento a nivel estructural ya que se incrementa en 49.75% de factor de seguridad global y locales en vuelco y deslizamiento, también de una reducción de 32.84% en capacidad Portante con respecto a un Sistema Gavión según la Tabla N° 17 y la Figura 77. Además, en el comportamiento económico empleando el Sistema Erdox se economiza 8.63% que utilizando el Sistema Gavión según la Tabla N° 18 y la Figura 78.
2. Se determinó que en el margen derecho el Sistema Erdox presenta mejor estabilidad global en el Km.14 Puente Capelo- Chanchamayo con un 44.77% mayor al Sistema Gavión según la Tabla N° 17. Esto se debe a que el Erdox tiene un comportamiento piramidal que redistribuye las cargas actuantes y las superficies de falla que se generan no toca al sistema a diferencia del Gavión que a nivel global la superficie de falla generada inicia en la cresta y termina en el pie del talud tomando al Gavión como superficie deslizada.
3. Se determinó que en el margen derecho el Sistema Erdox presenta mayor seguridad a estabilidad local ya que en vuelco y deslizamiento tiene 4.98% de incremento según la Tabla N° 17 y en capacidad portante 32.84% con respecto al Sistema Gavión según la Figura 77. Esto se debe a que el Erdox funciona como un monoanclaje de poco peso que no sobrecarga al terreno y distribuye las cargas en el tirante rígido y los cables contravientos.
4. Se determinó que en el margen derecho empleando el Sistema Erdox se mejora los costos de ejecución ya que según los resultados se economiza 8.63 % según la Tabla N° 18 y la Figura 78 que equivale a S/ 5533.51 estabilizando 180 m de talud con respecto a un Sistema Gavión. Esto se debe a que el relleno utilizado para el Sistema Erdox no es necesario que sea de cantera sino material propio excavado, ya que su comportamiento es inmediato y recibe cargas sin alterar las condiciones globales y locales.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda emplear Bambú y cobertura vegetal en las inclinaciones de los rellenos para poder mitigar la socavación en el pie del talud y en las inclinaciones absorber los fluidos para evitar que infiltren en el material de relleno y disminuir considerablemente su comportamiento a nivel global y local.
2. Se debe considerar un Sistema Erdox con placa anclada en L cuando las cargas actuantes en el talud son elevadas considerando la capacidad de soporte del Erdox y se encuentre en el factor crítico de volteo. Para ello es necesario incrementar el momento estabilizante.
3. Es recomendable que para aumentar la estabilidad local en un Sistema Erdox se coloque una cama de grava debajo de la placa prefabricada para incrementar la fricción entre el terreno y la placa.
4. Es importante colocar 4 tensores a cada 1 metro cuadrado de gavión para evitar que se expanden en el proceso de llenado del Canto Rodado. Para el Sistema Erdox es recomendable colocar geo membrana entre el sistema y el material de relleno para evitar liberación de finos y disminuir la resistencia contra la presión activa actuante.

## **REFERENCIAS**

- ANGULO López, Eleazar. Política Fiscal y estrategia como factor de desarrollo de la mediana empresa comercial Sinaloense un estudio de caso. Tesis (Doctor en estudios Fiscales). México: Universidad Autónoma de Sinaloa, 2011. 251pp.
- AYALA Villa, Jesús. Análisis de los taludes de la carretera Yauyucan- cruce conejo tranca (km 0+000- km 6+635), y alternativas de solución Dto. Yauyucan- Prov. Santa Cruz- Dpto. Cajamarca. Tesis (Ingeniero Geólogo). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.129pp.
- *Ayuda humanitaria*. Boletín informativo de Emergencias [en línea]. Junín: COEN.  
Disponible en:  
<https://www.mindef.gob.pe/informacion/documentos/BOLETIN%20INFORMATIVO%20N%201381.pdf>
- BERNAL, Cesar. Metodología de la Investigación. 3° ed. Colombia: Pearson Educación, 2010. 322pp.  
  
ISBN: 9789586991285
- CAMACHO, Sebastián y RAMOS, Alfonso. Indicador Potencial de falla para taludes condicionados por las geoformas. *Revistas UN, Bol. Cienc. Tierra*, [en línea] (40): 39-45, 2016.  
Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/53658/61433>  
ISSN electrónico: 2357-3740.
- CASTRO Fresno, Daniel. Sistemas flexibles de alta resistencia para la estabilización de taludes, revisión de los métodos de diseño existentes y propuesta de una nueva metodología de dimensionamiento. Tesis (Doctoral en Caminos, Canales y Puerto). Santander: Universidad de Cantabria, 2011. 303pp.

- CHAVARRY Vallejos, Carlos. Control de costos en obras de construcción civil. Tesis (Ingeniero en estadística e informática). Lima: Universidad San Martín de Porres, 2010. 147pp.
- COLIENTE Tlaxcalteca, Alfredo. Inestabilidad en laderas y taludes. Tesis (Maestro en Ingeniería Civil- Geotecnia). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. 224pp.
- CORDERO, Diego. Análisis Sísmico de Estabilidad de taludes basado en desempeño. *Revista de la Universidad de Costa Rica* [en línea]. vol.22, (2): 25-28, 2012.  
Disponible en: [https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/8246/pdf\\_1](https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/8246/pdf_1)  
ISSN: 1409-2441
- CORRAL, Yadira. Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación* [en línea]. vol.19, (33), 2009.  
Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>  
ISSN: 1316- 5917
- EBERHARDT, Erik. The Hoek- Brown Failure Criterion. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 45 (6): 981- 988, 2012  
ISSN: 0723- 2632
- ECKMANN, J. Fundamental limitations for estimating dimensions and Lyapunov exponents in dynamic systems. *Phisica D*, 56: 165- 184, 1992.  
ISSN: 0167- 2789

- Efecto de la succión en la estabilidad de un talud de arena limosa por Gallejos Fonseca [et al]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 13 (3): 271-281, junio 2011.

ISSN: 1405- 7743 FI-UNAM

- ERDOX. Betonform Design Erdox [en línea]. Maccaferri.

Disponible en:

file:///C:/Users/user/Downloads/Betonform-Erdox-Maccaferri-2016.%20(1).pdf

- FERNANDEZ, W, VILLALOBOS, W y KING, R. Probabilistic analysis of slope stability in completely decomposed granite residual soils. *Revista Ingeniería de Construcción* [en línea]. vol.33, (1): 5-14, 2018.

Disponible en:

[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-50732018000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50732018000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=en)

ISSN: 0718-5073

- FREDLUND, Delwyb, MORGENSTERN, N, WIDGER, R. The shear strength of unsaturated soils. *Canada Geotechnical Journal*, 15(3): 313-321, 1978.

ISSN: 0008- 3674

- GALLARDO, Romel. Estabilidad de Taludes en Corredores Viales. Universidad Francisco de Paula Santander- Colombia. *Revistas Ingenio UFPSO*, (1): 12-18, 2015.

ISSN: 2011-642X



- GALLARDO, Romel, GUERRERO, Thomas y MACGREGOR, Agustín. Investigación Geotécnica para la estabilización en las laderas del barrio San Fermín, departamento de norte de Santander (Colombia), *INGE CUC*, vol. 9, (2):66-74, 2013.  
ISSN: 2382-4700
- GARCÍA Salazar, Joseph. Estabilización de taludes de la carretera PE-3N, Km 263+100. Tesis (Ingeniero Civil). Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2017. 208pp.
- GARCÍA, Jhonathan. La Estabilidad de Taludes y la transitabilidad en la carretera longitudinal de la Sierra, Provincia de Chota- Cajamarca, 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2017.  
  
Disponible en:  
  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_8a4c91ec2d887693a8c28c8c73f303a3/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_8a4c91ec2d887693a8c28c8c73f303a3/Details)
- GARCÍA, Silvia, ROMO, Miguel y NAZUNO, Jesús. Characterization of ground motions using recurrence plots. *Revista Geofísica Internacional*, 52 (3): 209-227, 2013.  
  
ISSN: 0016- 7169
- Geotechnical and geological model applied to crushing processes in open pit mines por Peña P [et al]. Australia: Australian Centers for Geomechanics, 2013. 12.  
  
ISBN: 9780987093752
- HARUN, Sonmez y RESAT, Ulusay. A discussion on the Hoek- Brown failure criterion verified by slope stability case studies. *Centro de Investigación y aplicación de Geociencias*, 26: 77-99, 2002.

ISSN: 2448- 7589

- HERNÁNDEZ, Bertha y RUIZ, Naxhelli. The production of vulnerability to landslides: the risk habitus in two landslide- prone neighborhoods in Teziutlán, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. (90): 7-27, 2016.

ISSN: 0188-4611

- HRUSKOVIC, Pavel. Método para identificar causas de problemas técnicos de Proyecto Geotécnico. Tesis (Doctor en Ingeniería Civil). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2011.

Disponible en: [http://oa.upm.es/9160/1/PAVEL\\_HRUSKOVIC.pdf](http://oa.upm.es/9160/1/PAVEL_HRUSKOVIC.pdf)

- HUESO, Andrés y SEMPERE, Josep. Metodología y Técnicas cuantitativas de Investigación. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2012. 87pp.

ISBN: 9788483638394

- ITURRALDE, Manuel. Derrumbes y deslizamientos [en línea]. La Habana, Cuba: UNICEF, 2013.

Disponible en:

[https://www.preventionweb.net/files/59362\\_protegetufamiliaderrumbesydeslizami.pdf](https://www.preventionweb.net/files/59362_protegetufamiliaderrumbesydeslizami.pdf)

ISBN: 9789597117254

- J, Corominas. El Clima y sus consecuencias sobre la actividad de los movimientos de ladera en España. *Revista C&G*. 20 (3-4): 89-113, 2016.

ISSN: 0214-1744

- LISLE, R. Calculation of the daylight envelope for plane failure of rock slopes. *Geotechnique*, 54(4): 279-280, 2004.  
ISSN: 2190- 6653
- LOZADA, José. Investigación aplicada: definición, propiedad intelectual e industria. *Cienciamerica* [en línea]. diciembre 2014, n° 3. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2014].  
Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>  
ISSN: 1390- 9592
- LUJÁN, José. “Uso de Gaviones para mejorar la defensa ribereña del río Huaycoloro, zona de Huachipa distrito de Lurigancho, Lima 2017”. Tesis (Ingeniería Civil). Lima – Perú. Universidad Cesar Vallejo, 2017.  
Disponible en:  
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/12598>
- MACHUCA, Castro. Propuesta de Instrumento de inspección visual para taludes urbanos. Tesis (Ingeniero Civil). Chile: Universidad del Bio-Bio, 2013.  
Disponible en:  
[http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1327/1/Machuca\\_Castro\\_Gustavo\\_Javier.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1327/1/Machuca_Castro_Gustavo_Javier.pdf)
- MARROQUIN, Roberto. Metodología de la Investigación. UNE. 2012.  
Disponible en:  
[http://www.une.edu.pe/Sesion04-Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion.pdf](http://www.une.edu.pe/Sesion04-Metodologia_de_la_investigacion.pdf)
- MINISTERIO de Infraestructura (Italia): Norma Técnica para la Construcción. Italia: MI, 2008. 438pp.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: 2013, p.355
- MUÑOZ Ramírez, Maykool. Estabilidad para deslizamientos en tres tramos críticos de la carretera Ilabaya- Cambaya- Camilaca, distrito de Ilabaya- Jorge Basadre- Tacna. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2017. 147pp.
- NAVA Licon, Gretel. Análisis de riesgo por deslizamiento de ladera en el tramo Arroyo Guadalupe- el Mirador, de la autopista Tijuana- Ensenada, Baja California. Tesis (Maestro en Ciencias). México: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, 2016. 53pp.
- OCHOA Quispe, Lisbeth. Inestabilidad de taludes en el sector de Santa Bárbara de la ciudad de Huancavelica. Tesis (Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Peruana los Andes, 2016. 107pp.
- Oliva, Aldo [et al]. Landslide risk assessment in slopes and hillsides Methodology and application in a real case. *Revista Dina* [en línea]. 86(208): 143-152, 2019.  
Disponible en: <http://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.72341>  
ISSN: 0012 -7353
- PACHAS Vivanco, Fernando. Diseño e instalación de gaviones para protección de la margen izquierda de la quebrada Chancay ante probable inundación. Tesis (Ingeniero Agrícola). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2017. 55pp.
- QUERO, Milton. Confiabilidad y coeficiente de Alpha de Cronbach. *Revista Telos* vol.12 (2): 248-252, 2010.  
ISSN: 1317- 0570

- QUILICHE Aguirre, Jessica. Mitigación del riesgo por inundación del caserío huaquillo mediante la construcción de gaviones tipo caja en la quebrada Timaruca- San Ignacio. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014. 162pp.
- Roberto Jover [et al]. Aplicación mediante un sistema de información geográfica a los taludes rocosos de una cantera. *Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante* [en línea]. 2006, vol. 19, n° 1-2.  
Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/2695>  
ISSN: 02142708
- SABINO, Carlos. El proceso de investigación. Caracas: Lumen, 1992. 216pp.  
ISBN: 9507245758
- SACKSCHEWSKI Chapman, Carlos. Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta- Huayllay entre las progresivas del Km 102 al Km 110. Tesis (Ingeniero Geólogo). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017. 180pp.
- SALAZAR Acuña, Christian. Metodología de optimización del diseño geotécnico para la estabilización de taludes de un proyecto en la Costa Verde. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015. 336pp.
- SANHUEZA, C, RODRIGUEZ, L. Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la Construcción* [en línea]. vol.12, n.º 1. 7 enero 2013. [Fecha de Consulta: 1 de abril de 2013].  
Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2013000100003&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2013000100003&script=sci_arttext)  
ISSN: 0718-915X

- SOBARZO, Verónica, VILLALOBOS, Felipe y KING, Robert. Estudio de la estabilidad de taludes en roca meteorizada de la formación quiriquina. *Obras y Proyectos* [en línea]. 2011, n° 9 [Fecha de consulta: 4 de junio de 2019]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/oyp/n9/art05.pdf>  
ISSN: 0718-2813
- Soil- Water retention curve and beginning of monitoring in tierra blanca joven (TBJ) por Chavez Jose [et al]. *Revista Geológica de América Central* [en línea]. Noviembre 2013, n° 49.  
Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45437356007>  
ISSN: 0256- 7024
- Stability and failure mass of unsaturated heterogeneous slopes por Domenico Gallipoli [et al]. *Canada Geotechnical Journal*, 52(11): 1747-1761, 2015.  
ISSN: 1208- 6010.
- SUAREZ García, Gabriela. Susceptibilidad a deslizamientos de laderas en la sierra madre oriental. Tesis (Maestro en Ingeniería Civil especialidad en Geotecnia). México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, 2006. 119pp.
- The Fellowship Magazine of the Geological Society of London [en línea]. London: Geoscientist, 28 junio 2019.  
Disponible en:  
[https://www.geolsoc.org.uk/~//media/shared/documents/Geoscientist/2019/June%202019/Geo\\_JUNE2019.pdf](https://www.geolsoc.org.uk/~//media/shared/documents/Geoscientist/2019/June%202019/Geo_JUNE2019.pdf)  
ISSN: 1874- 561X

- URTEAGA, César. “Estabilización de Talud con Sistema Erdox en Taludes de Carreteras”. Tesis (Ingeniería Civil). Lima – Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.

Disponible en:

<https://www.passeidireto.com/arquivo/61529318/urteaga-cesar-estabilizacion-talud-sistema-erdox>

- VALIENTE, Ricardo, SOBRECASES, Salvador y DÍAZ, Aníbal. “Estabilidad de taludes: Conceptos Básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo”. *Revistas PUCP Civilizate*, (7): 50-54, 2015.

ISSN: 2411-944X

- VARGAS, G. Criterios para la clasificación y descripción de movimientos de masa. *Revista Boletín de Geología* [en línea]. vol.22, (37): 1-29, 2000.

Disponible en: file:///C:/Users/user/Downloads/3965-

Texto%20del%20art%C3%ADculo-Archivo%20Word-16906-2-10-20181206.pdf

ISSN: 0120-0283

- VARNES, David. Slope movement Types and Processes. *Transportation Research Board* [en línea]. 1978. 11-73

Disponible en: <https://trid.trb.org/view/86168>

ISSN: 0360- 859X

- VEGA Ricardo [et al]. Structural analysis of the colorada Mine, Sonora, Mexico. *Revista mexicana de Ciencia y Tecnología* [en línea]. 2015, vol.32, n°2 [Fecha de consulta: 8 de junio de 2019].

Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_isoref&pid=S1026-87742015000200239&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S1026-87742015000200239&lng=es)

ISSN: 2007- 2902

- WESLEY, Laurence. Stability of slopes in residual soils. *Obras y Proyectos* [en línea]. 29 septiembre 2011, n° 10. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2011]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/oyp/n10/art05.pdf>

ISSN: 0718-2813



## **ANEXOS**

# ANEXO 1: LOCALIZACIÓN DESLIZAMIENTO PUENTE CAPELO



## ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<b>TÍTULO:</b>	Sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones para mejorar el comportamiento estructural y económico del Km.14 Puente Capelo- Chanchamayo, 2019				
<b>MATRIZ RELACIONAL</b>			<b>MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN</b>		
<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>
¿Cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora el comportamiento estructural y económico del km.14 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019 ?	Determinar cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora el comportamiento estructural y económico del Km.14 Puente Capelo- Chanchamayo, 2019	Los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora el comportamiento estructural y económico del km.14 Puente Capelo- Chanchamayo, 2019	SISTEMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	ESTUDIOS BÁSICOS	Estudios topograficos, geomorfológicos, hidrograficos, hidrológicos ,geológicos
				SISTEMA ERDOX	red metálica-estructural , placa de anclaje, cables de contraviento, viga de acero
				SISTEMA GAVIONES	diametro de piedra, geometria de malla, alambre galvanizado
¿Cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y gaviones mejora la estabilidad global del km.14 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019 ?	Determinar cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora la estabilidad global del km.14 Puente Capelo - Chanchamayo ,2019	Los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora la estabilidad global del Km.14 Puente Capelo- Chanchamayo, 2019	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Estabilidad global	Factor de seguridad Global ( F.S>1.2)
¿Cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora la estabilidad local del km.14 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019 ?	Determinar cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora la estabilidad local del km.14 Puente Capelo - Chanchamayo ,2019	Los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora la estabilidad local del Km.14 Puente Capelo- Chanchamayo, 2019		Estabilidad local	Factores de Seguridad Locales  ( F.S.D.>1.5)   ( F.S.V>2) $q_{m\acute{a}x} < \sigma_t$
¿Cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora los costos de ejecución del km.14 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019 ?	Determinar cuál de los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora los costos de ejecución del km.14 Puente Capelo - Chanchamayo ,2019	Los sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones mejora los costos de ejecución del Km.14 Puente Capelo- Chanchamayo, 2019	COMPORTAMIENTO ECONÓMICO	COSTO DE EJECUCIÓN	Costo Global de los Sistemas Soles (S/.)

### ANEXO 3: RANGOS, TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE TALUD

**Tabla.1.** *Rango de Valores de Factor de Seguridad*

VALORES COMUNES DE FACTOR DE SEGURIDAD	
FACTOR DE SEGURIDAD	ESTABILIDAD
< 1	Inestable
1.0 - 1.2	Estabilidad cuestionable
1.2 - 1.5	Estable bajo condiciones estáticas
> 1.5	Estable bajo condiciones dinámicas

Fuente: Muñoz, 2017, pág. 23

**Tabla 2.** *Tipos de taludes*

TALUDES	NATURALES	POR DESGASTE
		POR ACUMULACIÓN O DEPÓSITO
	ARTIFICALES	POR TERRAPLENADO
		POR EXCAVACIÓN

Fuente: Muñoz, 2017, pág.18

**Tabla.3.** *Taludes- Clasificación*

Factores de Clasificación	
DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
Por su altura	Bajos ( Entre 0 y 5 metros)
	Medianos ( Entre 5 y 20 metros)
	Altos ( Mayores 20 metros)
Por su pendiente	Suave ( menor a 5 grados)
	Regular ( entre 5 y 20 grados)
	Pronunciada ( Mayor a 20 grados)
Por su forma de falla	De base o profunda
	De pie de talud
	En la cara del talud
	Rápida
Mecanismo de falla	Desprendimiento
	Volcamiento
	Influencia o infiltraciones de flujo
	Deslizamiento

Fuente: Muñoz, 2017, pág.20

## ANEXO 4: PARÁMETROS PARA SISTEMA ERDOX Y GAVIÓN

### SISTEMA ERDOX

**Tabla 4.** *STR= Estados límites estructurales*

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi Permanenti ( Carga Permanente)	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi Permanenti non strutturali ( Carga Permanente no estructural)	favorevoli	$\gamma_{g2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili ( Carga Variable)	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0 1,5	0,0
	sfavorevoli		1,5		1,3

Fuente: Norma Técnica Construcción Italia, 2008, pág. 203

### SISTEMA GAVIÓN

**Tabla 5.** *Parámetros para Gavión*

Datos orientativos para el cálculo	
Coefficiente de rozamiento entre gaviones	0.8
Peso específico de la piedra de relleno	2-3 ton/m <sup>3</sup>
Tanto por ciento de huecos	20%
Peso medio por m <sup>3</sup> de gavión (según piedra de relleno)	1.8 ton/m <sup>3</sup>
coeficiente de rozamiento entre el terreno y gavión	0.7
Coefficiente máximo de compresión	30 Mpa

Fuente: Bianchini Ingeniero

## ANEXO 5: CUADROS DE INSTRUMENTOS Y VALIDEZ CON N° DE ANEXOS

**Tabla 6.** *Cuadro de Instrumentos de recolección datos- anexos*

	Dimensión o Indicador	N° de Anexo
Ficha 1: Ficha de recolección de datos	Estudios Básicos	6
Ficha 2: Ficha de recolección de datos	Sistema Erdox	7
Ficha 3: Ficha de recolección de datos	Sistema Gavión	8
Ficha 4: Ficha técnica de medición	Factor de Seguridad Global	9
Ficha 5: Ficha técnica de medición	Factor de Seguridad Local	10
Ficha 6: Ficha técnica de medición	Costo Global de los sistemas (S/.)	11

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 7.** *Cuadro de Validez- anexos*

	Dimensión o Indicador	N° de Anexo
Validez 1: Ficha de recolección de datos	Estudios Básicos	12
Validez 2: Ficha de recolección de datos	Sistema Erdox	12
Validez 3: Ficha de recolección de datos	Sistema Gavión	12
Validez 4: Ficha técnica de medición	Factor de Seguridad Global	12
Validez 5: Ficha técnica de medición	Factor de Seguridad Local	12
Validez 6: Ficha técnica de medición	Costo Global de los sistemas (S/.)	12

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO 6: FICHA DE OBSERVACIÓN ESTUDIOS BÁSICOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Variable Independiente: Sistema de Estabilidad de Taludes

Dimensión: Estudios Básicos

Nombre del Instrumento: Ficha de recolección de datos

- Estudios Topográficos**

Coordenadas UTM(WGS-84)	8799150N, 470070E	8798830N, 469600E
	8798420N, 469850E	8798830N, 470350E
Altitudes	750-950	m.s.n.m

- Estudios Geomorfológicos**

Geoformas identificadas	Tectónico	Degradacional
Altura de geoformas	menor a	300 m
Tipos de rocas en colinas	Rocas sedimentarias	

- Estudios Geológicos**

Rocas sedimentarias y mineral	calizas	limonitas
-------------------------------	---------	-----------

- Estudios Hidrográficos e hidrológicos**

Cuenca de origen	Cuenca Paucartambo
Precipitación total anual	2000 mm



## ANEXO 7: FICHA DE OBSERVACIÓN SISTEMA ERDOX



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Variable Independiente: Sistema de Estabilidad de Taludes

Dimensión: Sistema Erdox

Nombre del Instrumento: Ficha de recolección de datos



Tipo Erdox a utilizar	Erdox Junior
Tipo de viga de acero	Viga HE120B
Diámetro de cable contraviento	16 mm
Diámetro de red estructural	8 mm
Red estructural espaciamiento	30x30 cm
Red metálica espesor	2.7 mm
Tipo de Placa de anclaje	Placa Prefabricada
Distancia a estabilizar	180 m

## ANEXO 8: FICHA DE OBSERVACIÓN SISTEMA GAVIÓN

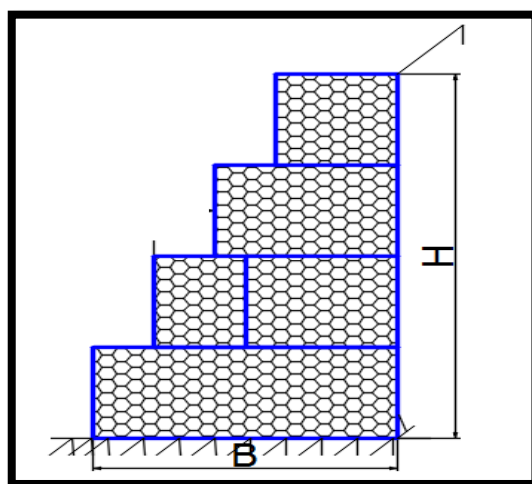


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Variable Independiente: Sistema de Estabilidad de Taludes

Dimensión: Sistema Gavión

Nombre del Instrumento: Ficha de recolección de datos



Tipo de Gavión a utilizar	Gavión Caja y Colchón		
Diámetro de Piedra para relleno	> 15	cm	
Dimensiones de malla de gavión	8x 10	cm	
Tipo de alambre	Alambre Galvanizado mm		
Distancia a estabilizar	180m	m	
Recubierto con zinc	Colocar ✓	SÍ <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

## ANEXO 9: FICHA DE MEDICIÓN FACTOR DE SEGURIDAD GLOBAL

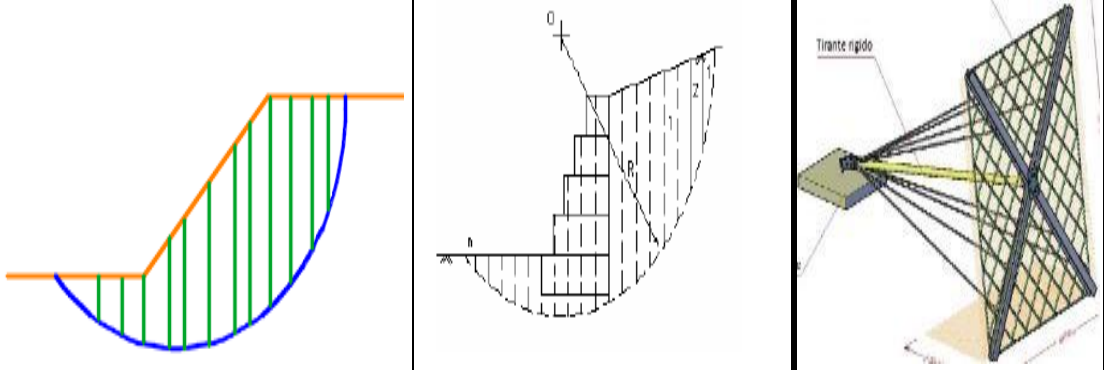


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Variable Dependiente 1: Comportamiento Estructural

Dimensión: Estabilidad Global Indicador: Factor de Seguridad Global (F.S > 1.2)

Nombre del Instrumento: Ficha de medición

		Talud sin Sistemas de Estabilidad	Talud con Sistema gaviones	Talud con Sistema Erdox	Rango
F.S GLOBAL		1.239	3.567	6.458	> 1.2
"Cumple", "No cumple"		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	> 1.2
Parámetros a utilizar					
Cohesión ( c )	0.07 Kg/cm2				
Ángulo Fricción ( $\phi$ )	23.89°				
Inclinación relleno ( $\alpha$ )	0°				
Carga aplicada al sistema P	P Erdox= 3628.95 Kg P Gavión= 6976. 55 Kg				

## ANEXO 10: FICHA DE MEDICIÓN FACTORES DE SEGURIDADES LOCALES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Variable Dependiente 1: Comportamiento Estructural

Dimensión: Estabilidad Local Indicador: Factores de Seguridades Locales

Nombre del Instrumento: Ficha de medición

Parámetros Utilizados		Cohesión: Angulo de : Fricción		0.07Kg/cm2 y 23.89°		Ysuelo		17.48KN/m3	
	SISTEMA GAVIÓN	SISTEMA ERDOX	Factores de Seguridad Locales		Rangos	"Cumple", "No Cumple"			
			SISTEMA GAVIÓN	SISTEMA ERDOX					
Factor Seguridad Vuelco			9.69	10.07	> 2	CUMPLE			
Factor Seguridad Deslizamiento			2.44	2.47	> 1.5	CUMPLE			
Factor Seguridad Capacidad portante			0.67	0.45	< σt	CUMPLE			

## ANEXO 11: FICHA DE MEDICIÓN COSTO GLOBAL SISTEMAS



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

Variable Dependiente 2: Comportamiento Económico

Dimensión: Costo de ejecución    Indicador: Costo Global Sistemas (S/.)

Nombre del Instrumento: Ficha de medición

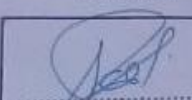
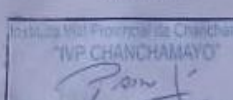
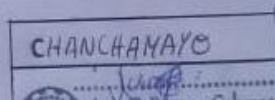
SISTEMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES			
SISTEMA ERDOX		SISTEMA GAVIÓN	
	S/		S/
<b>Obras Provisionales</b>	<b>349.01</b>	<b>Obras Provisionales</b>	<b>349.01</b>
Topografía y Georeferenciación	349.01	Topografía y Georeferenciación	349.01
<b>Movimiento de tierras</b>	<b>7249.31</b>	<b>Movimiento de tierras</b>	<b>17751.22</b>
Corte de Material de talud	7249.31	Corte de Material de talud	8181.27
		Conformación de terraplenes con material grava	9569.95
<b>Obras de Arte y Revegetación</b>	<b>50489.53</b>	<b>Obras de Arte y Revegetación</b>	<b>45188.64</b>
Elemento Erdox (incluye placa apoyo y transporte)	46328.40	Gavión Tipo Caja	22487.40
Relleno Erdox con material propio y Grava	2721.13	Gavión Tipo Colchón	6861.24
		Relleno para Gavión tipo Caja	9000
Vegetación y Bambú	1440	Relleno para Gavión tipo Colchón	5400
		Vegetación y Bambú	1440
<b>Transportes</b>	<b>467.10</b>	<b>Transportes</b>	<b>799.6</b>
Transporte de material grava a más de 1 km	467.10	Transporte de material canto rodado a más de 1 km	506.88
		Transporte de material grava a más de 1 km	292.72
<b>TOTAL COSTO EJECUCIÓN SISTEMA ERDOX</b>	<b>58554.95</b>	<b>TOTAL COSTO EJECUCIÓN SISTEMA GAVIÓN</b>	<b>64088.47</b>

## ANEXO 12: VALIDEZ DE JUICIO DE EXPERTOS

ANEXO N° 12: VALIDEZ DE JUICIO DE EXPERTOS

Rango de valores de 0-100		VALIDEZ	Firma de Expertos
0,0-20	Deficiente		
21-40	Regular		
41-60	Buena		
61-80	Muy buena		
81-100	Excelente		

EXPERTO 1		EXPERTO 2		EXPERTO 3	
 SANTOS RICARDO PADILLA PICHER INGENIERO CIVIL CIP 51630		 INSTITUTO VIAL PROVINCIAL DE CHANCHAMAYO "IVP CHANCHAMAYO" PABLO CESAR CORBETTI COICAPCSA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 193341		 CHANCHAMAYO Juan P. Romero Cabezas INGENIERO CIVIL CIP 180100	
CIP	51630	CIP	193341	CIP	180100
Nombre	Padilla Picher Santos	Nombre	Corbetti Coi caposa Pablo	Nombre	Romero Cabezas Juan

### ANEXO 13: RESUMEN DE VALIDEZ

		EXPERTOS			PROMEDIO	VÁLIDO
		EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3		
Ficha 1: Ficha de recolección de datos		80	90	85	85	≥ 50
Dimensión	Estudios Básicos					
Ficha 2: Ficha de recolección de datos		85	90	85	87	≥ 50
Dimensión	Sistema Erdox					
Ficha 3: Ficha de recolección de datos		85	85	90	87	≥ 50
Dimensión	Sistema Gavión					
Ficha 4: Ficha técnica de medición		85	90	90	88	≥ 50
Indicador	Factor de Seguridad Global					
Ficha 5: Ficha técnica de medición		80	90	90	87	≥ 50
Indicador	Factores de Seguridad Locales					
Ficha 6: Ficha técnica de medición		80	90	90	87	≥ 50
Indicador	Costo Global de los Sistemas ( S/)					
TOTAL FICHAS MEDICIÓN Y RECOLECCIÓN		PROMEDIO TOTAL			87	≥ 50

## ANEXO 14: INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y LÍMITES DE CONSISTENCIA



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
DOT.C - LMS 168/2019

Solicitante : JHESBER KEEDY GUTIERREZ LÓPEZ

Calicata : C - 2

Proyecto : SISTEMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ERDOX Y  
GAVIONES PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO  
ESTRUCTURAL Y ECONOMICO DEL KM. 14, PUENTE  
CAPELO - CHANCHAMAYO - 2019

Muestra : MAB

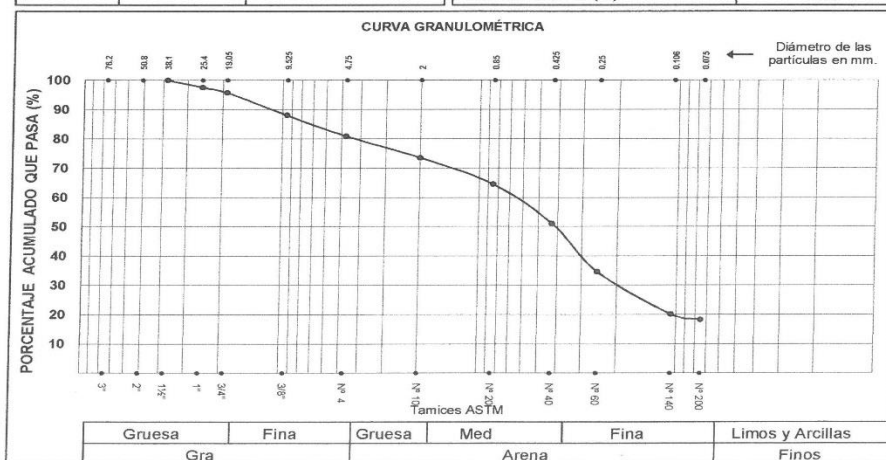
Ubicación : LA MERCED - PUENTE CAPELO

Profundidad : 1.50 m.

Fecha : La Molina, 7 de octubre de 2019

Téc.Resp. : M.M.R.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	PORCENTAJE QUE PASA (%)		
3"	76.20		Límite líquido (%)	NT
2"	50.80		Límite plástico (%)	NP
1 1/2"	38.10	100	Índice plástico (%)	-
1"	25.40	98	Límite de contracción (%)	-
3/4"	19.05	96	Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
3/8"	9.525	88	<u>Coefficiente de:</u>	
Nº 4	4.750	81	-Uniformidad	
Nº 10	2.000	74	-Curvatura	
Nº 20	0.850	64	<u>Material:</u>	
Nº 40	0.425	51	-Grava	% 19
Nº 60	0.250	35	-Arena	% 63
Nº 140	0.106	20	-Finos	% 18
Nº 200	0.075	18	<u>Clasificación:</u>	
			-AASHTO	A-2-4 (0)
			-SUCS	SM con grava
			<u>Nombre de grupo:</u>	
			<u>CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216</u>	
			Humedad natural (%)	3.83



NOTA: La Muestra ha Sido Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

MECÁNICA DE SUELOS  
LABORATORIO  
Ing. Carlos Bravo Aguilar  
Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos



## ANEXO 15: INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 DOT.C - LMS 192/2019

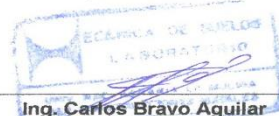
**SOLICITANTE** : JHESBER KEEDY GUTIERREZ LÓPEZ  
**PROYECTO** : SISTEMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ERDOX Y GAVIONES PARA  
 MEJORAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ECONOMICO DEL  
 KM. 14, PUENTE CAPELO - CHANCHAMAYO - 2019  
**UBICACIÓN** : LA MERCED - PUENTE CAPELO  
**CALICATA** : C - 2  
**PROFUNDIDAD** : 1.50 m.  
**FECHA** : La Molina , 14 de Octubre de 2019 **Téc.Resp.:** MMR

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO

<b>Especimén</b>	:	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Lado (cm)</b>	:	6.00	6.00	6.00
<b>Altura (cm)</b>	:	2.544	2.544	2.544
<b>Densidad Seca ( gr/cm³)</b>	:	1.590	1.590	1.590
<b>Humedad Inicial (%)</b>	:	12.03	12.03	12.03
<b>Esfuerzo Normal (kg/cm²)</b>	:	0.50	1.00	1.50

<b>Deformación Unitaria</b>		<b>Esfuerzo Cortante</b>		
<b>( E</b>	<b>- % )</b>	<b>(kg/cm²)</b>		
0.5		0.05	0.08	0.13
1.0		0.07	0.14	0.30
2.0		0.09	0.19	0.33
3.0		0.11	0.27	0.45
4.0		0.15	0.34	0.52
5.0		0.19	0.42	0.58
6.0		0.22	0.47	0.61
7.0		0.24	0.49	0.64
8.0		0.25	0.50	0.67
9.0		0.27	0.51	0.69
10.0		0.28	0.52	0.70
11.0		0.28	0.52	0.71
13.0		0.28	0.51	0.70
15.0		0.26	0.49	0.69

**Ángulo de Fricción Interna del Suelo ( ° )** 23.89  
**Cohesión Aparente del Suelo (kg/cm²)** 0.07



**Ing. Carlos Bravo Aguilar**  
 Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos

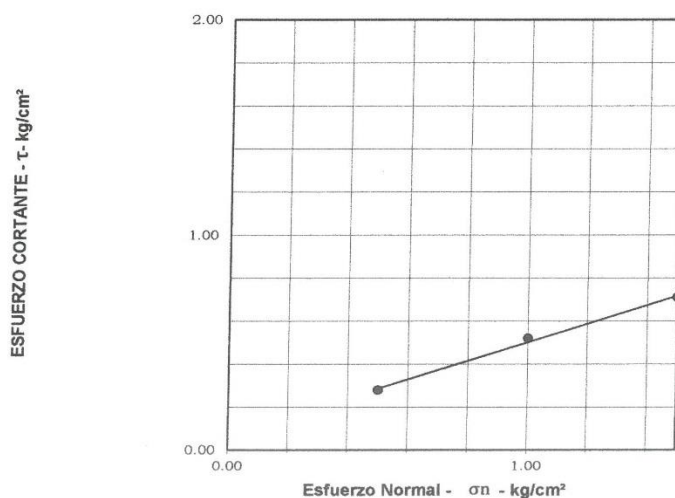
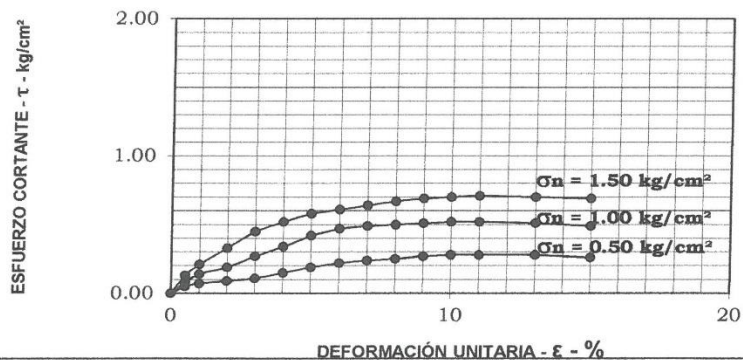


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080**

<b>Solicitante :</b> JHESBER KEEDY GUTIERREZ LÓPEZ	<b>Expediente:</b>
SISTEMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ERDOX Y GAVIONES PARA MEJORAR EL	DOT.C - LMS 192/2019
<b>Proyecto :</b> COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ECONOMICO DEL KM. 14, PUENTE CAPELO - CHANCHAMAYO - 2019	
<b>Ubicación :</b> LA MERCED - PUENTE CAPELO	<b>Responsable:</b> M.M.R.
<b>Calicata :</b> C - 2	<b>Fecha:</b> 14-10-19
<b>Muestra :</b> MAB	<b>Profundidad :</b> 1.50 m.

<b>Ángulo de fricción interna del suelo :</b>	23.89 °
<b>Cohesión Aparente del suelo :</b>	0.07 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Densidad Seca Promedio (vd&lt;N° 4) :</b>	1.59 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Humedad Natural (%) :</b>	12.03 %

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Carlos Bravo Aguilar  
Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos



**ANEXO 16: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
AGRARIA LA MOLINA**

		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b>		<b>LF-174-2019</b>
Laboratorio de Fuerza		Pág. 1 de 2		
Expediente	19225			
Solicitante	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNALM</b>			
Dirección	AV. LA UNIVERSIDAD S/N – LA MOLINA			
Instrumento de Medición	Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión			
Equipo Calibrado	<b>ANILLO DE CARGA</b>			
Alcance de Indicación	NO INDICA			
Marca (o Fabricante)	ELE			
Modelo	NO INDICA			
Número de Serie	1155-17-1418			
Identificación	NO INDICA			
Procedencia	USA			
Indicador de Lectura	DIAL ANALOGICO			
Marca (o Fabricante)	ELE INTERNATIONAL			
Modelo	NO INDICA			
Número de Serie	P9762			
Identificación	NO INDICA			
Procedencia	NO INDICA			
Alcance de Indicación	0 mm A 5 mm			
Resolución	0,002 mm			
Transductor de Fuerza	ANILLO DE CARGA			
Alcance de Indicación	NO INDICA			
Marca (o Fabricante)	ELE			
Modelo	NO INDICA			
Número de Serie	1155-17-1418			
Identificación	NO INDICA			
Procedencia	NO INDICA			
Fecha de Calibración	2019-10-31			
Ubic. Del Equipo	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNALM			
Lugar de Calibración	LABORATORIO DE FUERZA DE CEM INDUSTRIAL			

<b>Sello</b> 	<b>Fecha de emisión</b>  2019-11-02	<b>Jefe del laboratorio de calibración</b> <b>CEM INDUSTRIAL</b>  <b>JESUS QUINTO C.</b> JEFE DE LABORATORIO
---	---	--

Centro Especializado en Metrología Industrial  
 Coop. César Vallejo Mz. V Lt. 01 S.M.P. - Lima - Lima  
 • Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777  
 • ventas@cemind.com • iesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-174-2019

Laboratorio de Fuerza

Pág. 2 de 2

### Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376, Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

### Trazabilidad

Se utilizaron patrones calibrados con trazabilidad al SI, calibrado por la Universidad Católica del Perú y con certificado INF-LE N° 103-19

### Resultados de medición

Lectura de la máquina (fi)		Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	Dial	kgf	kgf	kgf	kgf	a(%)	b(%)	U(%)
10	100	41,0	41,0	41,0	41	0,0	0,0	3,53
20	200	82,0	82,0	83,0	82	-1,6	1,2	1,95
30	300	123,0	124,0	124,0	124	-1,3	0,8	1,31
40	400	164,0	164,0	164,0	164	-0,6	0,0	0,91
50	500	205,0	204,0	205,0	205	-0,3	0,5	0,81
60	600	245,0	246,0	245,0	245	-0,5	0,4	0,69
70	700	285,0	286,0	286,0	286	-0,2	0,4	0,61
80	800	325,0	326,0	326,0	326	0,1	0,3	0,54
90	900	366,0	367,0	367,0	367	-0,2	0,3	0,50
100	1000	407,0	407,0	407,0	407	0,0	0,0	0,43
Lectura máquina en cero		0	0	0	----	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 21,0 °C; Variación de temperatura en cada ensayo < 2 °C

### Evaluación de los resultados

De los resultados obtenidos durante la calibración se ha obtenido la siguiente ecuación cuadrática:

$$Y = A * X^2 + B * X + C$$

Donde:

Y = Indicación corregida del equipo en kgf;

X = Lectura directa del Equipo, valores en kgf.

Los coeficientes obtenidos son:

A = -0,0000047

B = 0,4111995

C = 0,2388888

### Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

### Fin del documento.

Centro Especializado en Metrología Industrial  
Copp. César Vallejo Mz. V Lt. 01 S.M.P. - Lima - Lima  
• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777  
• ventas@cemind.com • iesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

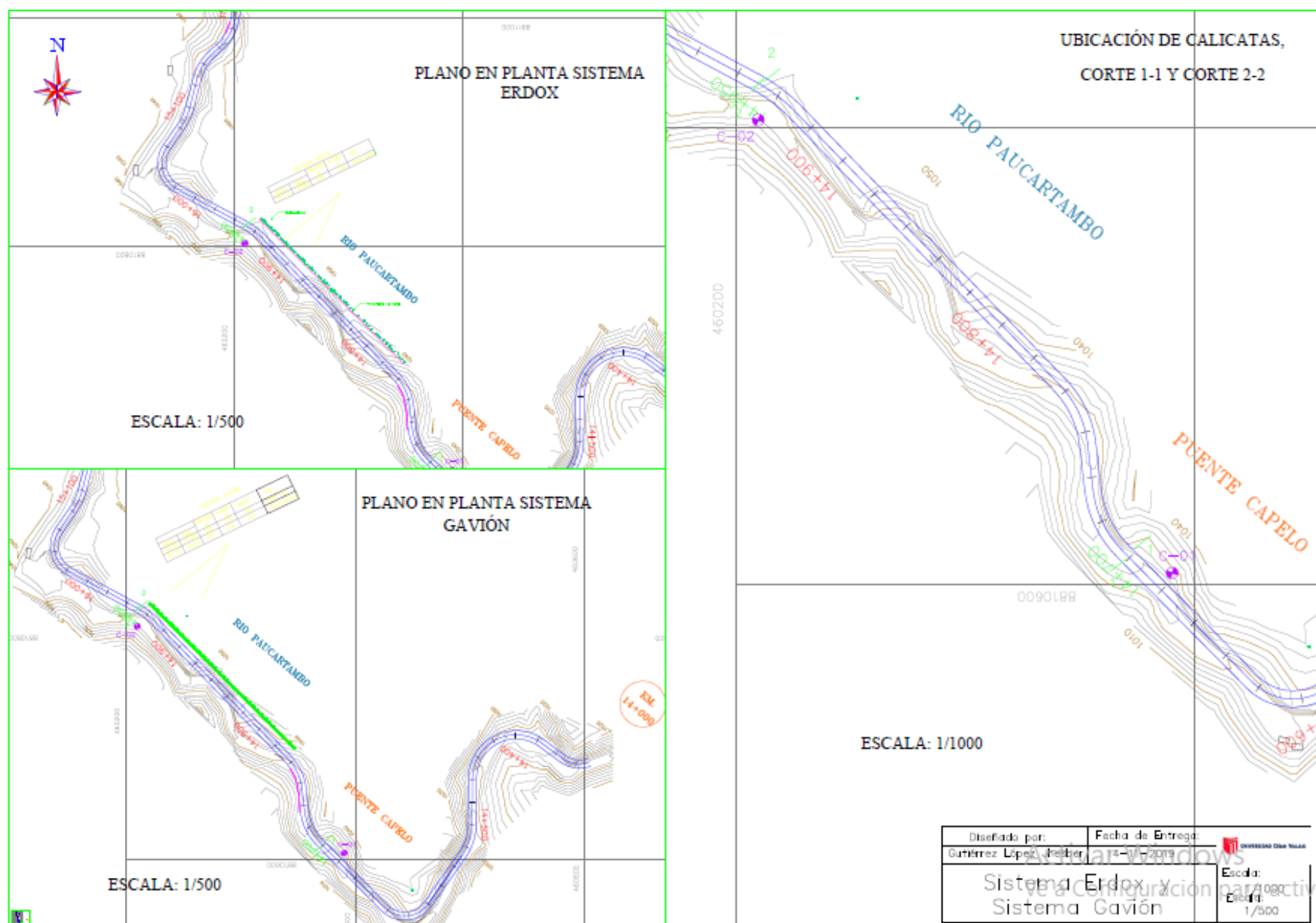


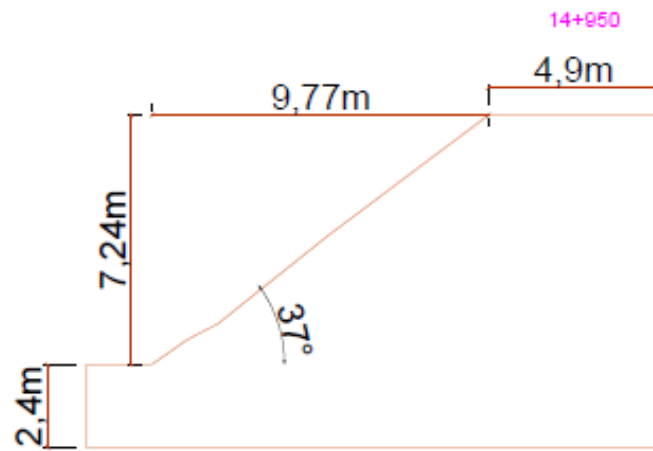
**ANEXO 17: COTIZACIÓN DE MATERIALES Y EQUIPOS POR EL GERENTE DE  
OBRAS ING. JAVIER LLACUA**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN LUIS DE SHUARO		GERENCIA DE DESARROLLO URBANO Y RURAL		GDUR
"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"				
SAN LUIS DE SHUARO 07 DE NOVIEMBRE DEL 2019				
<u>PRECIOS DE VENTA DE AGREGADOS 2019</u>				
ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO S/ ZONA URBANA	PRECIO EN S/ ZONA RURAL	
1	Piedra Grande de 4" @ 8"	25.00	50.00	
2	Piedra mediana de 3/4" @ 4"	25.00	50.00	
3	Hormigón	25.00	70.00	
4	Arena gruesa	30.00	70.00	
5	Arena Fina	30.00	80.00	
<u>PRECIOS DE ALQUILER DE MAQUINARIA 2019</u>				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Precio HM		
1	Cargador Frontal (sin combustible)	140.00		
2	Moto Niveladora (sin combustible)	150.00		
3	Rodillo liso Vibratorio de 10 tn. (sin combustible)	120.00		
4	Tractor Sobre Oruga D-6 (sin combustible)	220.00		
5	Volquete de 15m3 (sin combustible)	110.00		
6	Retroexcavadora	120.00		
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN LUIS DE SHUARO				
ING. JAVIER OSWALDO LLACUA VILA Gerente de Desarrollo Urbano y Rural				

## **ANEXO 18: PLANOS**

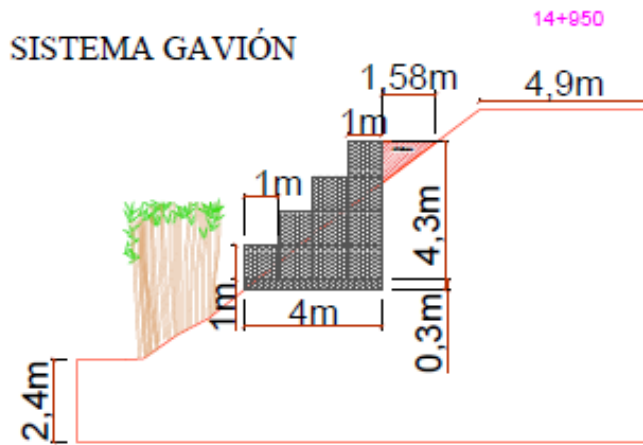




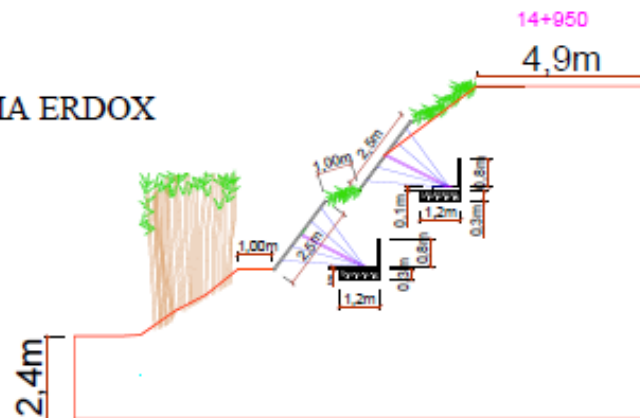


TALUD IN SITU

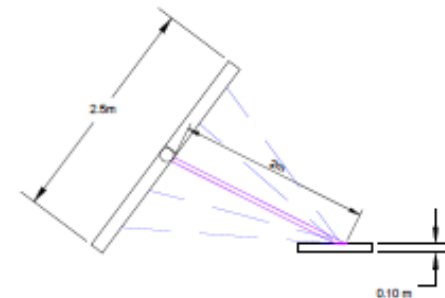
SISTEMA GAVIÓN



SISTEMA ERDOX



Escala: 1/20000



Diseñado por:  
Gutiérrez López Jhesber

Fecha de Entrega:  
14-11-2019



Sistema Erdox, Gavión y  
Talud in Situ

Escala:  
1/7500